ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUIN 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un filament extraordinaire.* Note de MM. H. **Deslandres**, L. **d'Azambuja** et V. **Burson**.

Le 11 avril 1910, le Soleil a montré des phénomènes très curieux et même extraordinaires, dont l'un a été décrit déjà dans une Note précédente des *Comptes rendus* du 25 avril, p. 1007, et intitulée : *Distribution des filaments dans la couche supérieure de l'atmosphère.* Nous présentons aujourd'hui un autre phénomène du même jour, au moins aussi intéressant, mais d'un ordre différent.

Le 11 avril, le temps a été assez beau pendant toute la journée, et il a été possible de faire de nombreuses épreuves avec les trois appareils enregisteurs principaux qui relèvent l'atmosphère entière de l'astre. Ces appareils sont :

1° Un petit spectrohéliographe de faible dispersion, en service depuis 1893, qui décèle la chromosphère moyenne du calcium ; 2° un grand spectrohéliographe, de forte dispersion, employé depuis 1908, qui donne l'image des couches supérieures de la chromosphère avec le calcium et l'hydrogène ; 3° un spectroenregistreur des vitesses radiales, datant de 1907, qui relève les vitesses radiales des mêmes vapeurs dans la couche supérieure, et en même temps les largeurs et détails des raies correspondantes, K et H_α, très variables, comme on sait, d'un point à l'autre de l'astre.

Les couches supérieures du calcium et de l'hydrogène ont montré de très beaux filaments, dont le dessin a été inséré dans la Note précédemment citée du 25 avril dernier. On distingue en particulier une belle courbe polaire de filaments, plus importante qu'à l'ordinaire, qui a été rapprochée des courbes similaires observées aux pôles pendant les années précédentes.

La case I de la figure ci-contre reproduit ce même dessin, fait d'après les épreuves de d'Azambuja avec le grand spectrohéliographe.

Or, au même moment, les épreuves du spectroenregistreur des vitesses obtenues par Burson décèlent dans le quadrant Sud-Est un filament extraordinaire, qui, fait curieux, n'apparaît pas ou est à peine visible sur les images du grand spectrohéliographe. Ce filament nouveau est représenté dans la case II de la figure.

Il a la particularité d'avoir des vitesses radiales considérables, ascendantes dans la grande majorité des cas, et qui ont dépassé sur certains points 100^{km} par seconde. Les filaments ont été déjà notés par Deslandres, comme ayant, d'une manière générale, des vitesses radiales plus grandes que les points ordinaires du disque; mais c'est la première fois que l'on enregistre nettement à Meudon par la photographie des vitesses radiales aussi grandes.

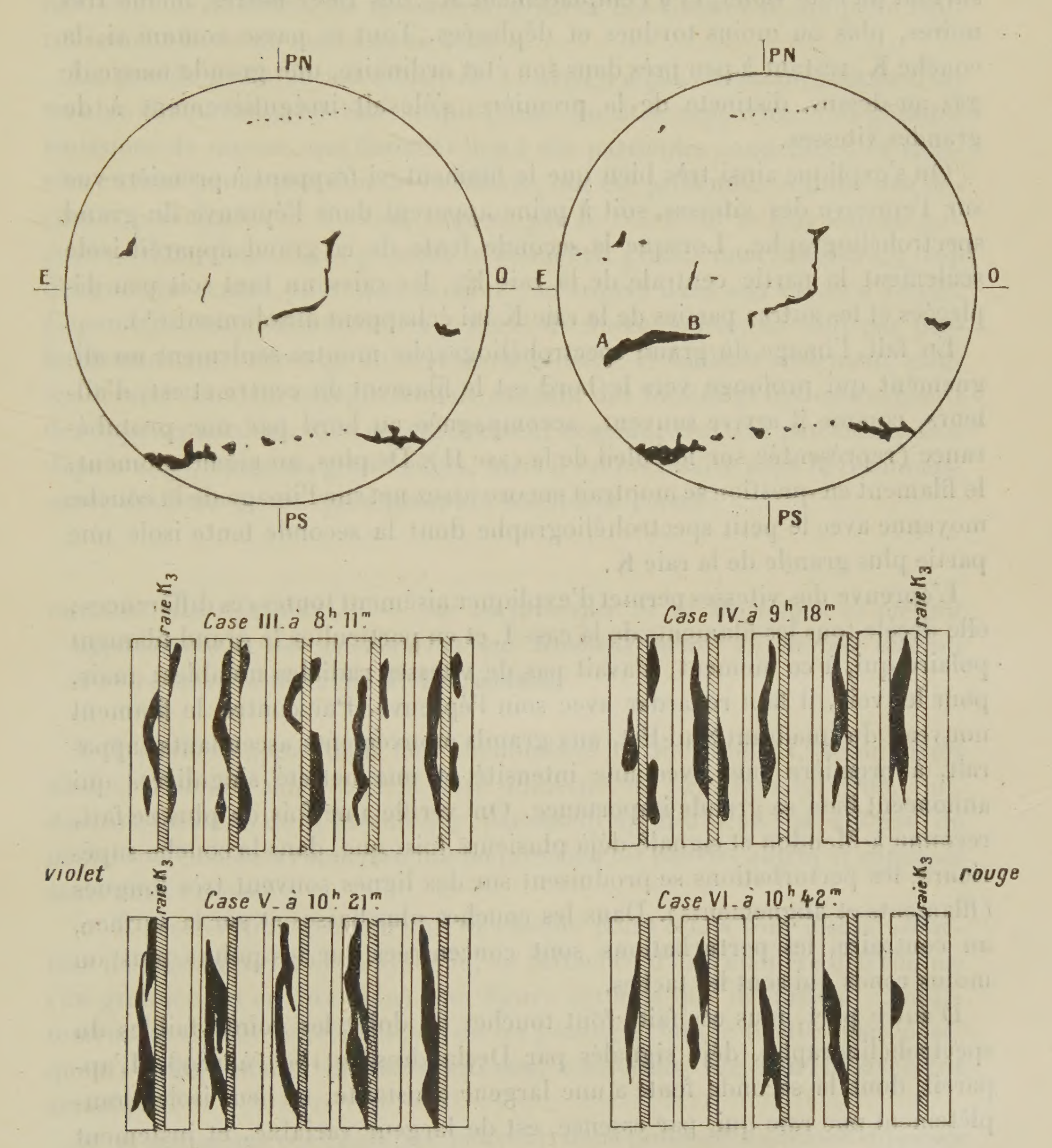
La première épreuve des vitesses a été faite de 8^h02^m à 8^h15^m; et aussitôt le phénomène bien constaté, le directeur de l'Observatoire a demandé que l'on fît des épreuves successives, aussi nombreuses que possible, avec une seconde fente plus large et des sections plus rapprochées.

La seconde fente, dont la largeur ordinaire est de 1^{mm}, a été agrandie à 2^{mm}; mais l'agrandissement a été encore insuffisant, car la raie noire K_3, fortement déplacée, était coupée par la joue de la fente, et la vitesse de 100^{km} a été certainement dépassée (¹). On a pu faire ainsi plusieurs épreuves successives de vitesse; on s'est arrêté à la treizième qui, vers midi et demi, ne montrait plus aucun déplacement de vitesse radiale. Mais au début, vers 8^h, lorsque le phénomène a été constaté, le déplacement radial était déjà notable; il a atteint son maximum vers 10^h15^m et, à 11^h30^m, il était nul ou insignifiant. La perturbation avait duré au moins 3 heures et demie.

Les cases de III à VI reproduisent les déplacements des sections les plus curieuses sur quatre des épreuves. La raie centrale K_3 est représentée à sa place ordinaire par une ligne avec hachures; et la raie déplacée est indiquée par de gros traits noirs irréguliers. Ce mode de représentation correspond bien d'ailleurs à la réalité; car, dans la plupart des sections, la raie K_3 a la position et l'intensité qui lui sont habituelles au centre de la raie K,

(¹) Le filament n'étant pas au centre du disque, le déplacement constaté peut tenir non seulement à un mouvement vertical de la vapeur, mais aussi à un mouvement horizontal. On sait, il est vrai, que, dans les filaments, la vitesse d'ascension est toujours notable

Couche supérieure de l'atmosphère solaire du 11 avril 1910.



Les cases I et II représentent les filaments (sans les alignements) relevés sur l'épreuve des formes (case I) et sur l'épreuve des vitesses (case II). Les autres cases reproduisent quelques sections intéressantes relevées sur quatre épreuves successives des vitesses à l'emplacement du filament exceptionnel AB. La raie K_3 est représentée à sa place normale au milieu par des hachures, et la raie K_3, déplacée plus ou moins, est indiquée par un trajt noir. Les composantes brillantes K_2 ne sont pas représentées.

entre les deux composantes relativement brillantes de K_2; et il y a en plus, surtout du côté violet, et à l'emplacement K_{1v} des raies noires, même très noires, plus ou moins tordues et déplacées. Tout se passe comme si, la couche K_3 restant à peu près dans son état ordinaire, une grande masse de gaz au-dessus, distincte de la première, s'élevait irrégulièrement à de grandes vitesses.

On s'explique ainsi très bien que le filament, si frappant à première vue sur l'épreuve des vitesses, soit à peine apparent dans l'épreuve du grand spectrohéliographe. Lorsque la seconde fente de ce grand appareil isole seulement la partie centrale de la raie K_3, les raies un tant soit peu déplacées et les autres parties de la raie K lui échappent absolument (¹).

En fait, l'image du grand spectrohéliographe montre seulement un alignement qui prolonge vers le bord est le filament du centre et est, d'ailleurs, comme il arrive souvent, accompagnée au bord par une protubérance (représentée sur le Soleil de la case II). De plus, au même moment, le filament en question se montrait encore assez net sur l'image de la couche moyenne avec le petit spectrohéliographe dont la seconde fente isole une partie plus grande de la raie K.

L'épreuve des vitesses permet d'expliquer aisément toutes ces différences; elle décèle tous les filaments de la case I, et en particulier le grand filament polaire qui, à ce moment, n'avait pas de vitesses radiales notables; mais, pour les voir, il faut regarder avec soin l'épreuve. Par contre, le filament nouveau du quadrant Sud-Est, aux grands mouvements ascendants, apparaît, à première vue, avec une intensité et une netteté singulières qui annoncent bien sa grande importance. On vérifie une fois de plus ce fait, reconnu à Meudon et signalé déjà plusieurs fois, que, dans la couche supérieure, les perturbations se produisent sur des lignes souvent très longues (filaments et alignements). Dans les couches plus basses et sur la surface, au contraire, les perturbations sont concentrées sur les points plus ou moins ronds qui sont les taches.

D'autre part, tous ces faits font toucher du doigt les points faibles du spectrohéliographe, déjà signalés par Deslandres de 1891 à 1893. L'appareil, dont la seconde fente a une largeur constante, ne peut isoler complètement une raie qui, par essence, est de largeur variable, et justement

(¹) Si la seconde fente du spectrohéliographe avait isolé une autre partie de la raie K, le phénomène aurait pu être signalé, sinon reconnu exactement. Son interprétation précise exige le recours à l'épreuve des vitesses.

il est en défaut, aux moments les plus intéressants, lorsque la vapeur a des mouvements notables. Le spectroenregistreur des vitesses le complète heureusement et est au moins aussi utile.

La grande perturbation solaire du 11 avril n'a pas été accompagnée d'un trouble des aimants terrestres, qui puisse lui être rapportée. Ces grandes émissions de vapeur, qui donnent lieu à des particules condensées, et chassées ensuite par la pression de radiation, ont été présentées comme une des causes principales de l'action exercée par le Soleil sur le magnétisme terrestre. Mais, dans le cas présent, le filament à grands mouvements est trop éloigné du centre pour que la Terre se trouve dans son rayon d'action. Cependant ces phénomènes, en général de durée courte, ne sont pas probablement aussi rares qu'on le croit en général. Il faudrait seulement, pour les déceler tous, un enregistrement continu des formes et des mouvements des vapeurs solaires. Cet enregistrement continu, réclamé par Deslandres depuis 1893, exige un grand effort, mais il est nécessaire pour la reconnaissance des liens précis qui unissent le Soleil à la Terre.

PHILOSOPHIE NATURELLE. — *Sur les principes de la Mécanique et sur leur applicabilité à des phénomènes qui semblent mettre en défaut certains d'entre eux.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. L'examen approfondi des phénomènes de mouvement, depuis trois siècles, a tendu sans cesse à faire admettre les principes suivants, qui, devenus les bases de la Mécanique, paraissent applicables à tout système de *points* (ou éléments) *matériels* mis en présence les uns des autres et supposés seuls dans l'espace :

1° L'accélération géométrique de chaque point est, à tout instant, fonction de la *configuration* du système, ou rattachée d'une manière déterminée (en grandeur et en direction) à sa figure actuelle que définissent complètement les distances réciproques de ses points; et elle se trouve, par conséquent, indépendante de leurs vitesses, c'est-à-dire de leur mouvement actuel;

2° A une même configuration peuvent, dans plusieurs systèmes supposés très éloignés les uns des autres mais composés de points exactement pareils chacun à chacun, correspondre, suivant les cas, toutes les vitesses imaginables;

3° Il existe, pour chaque point matériel, un *certain* coefficient constant,

appelé sa *masse*, mesure de sa valeur dynamique comparativement aux autres points, tel, que le demi-produit, par cette masse, du carré de la vitesse du point, exprime son *énergie actuelle* de mouvement, c'est-à-dire une quantité dont la somme *arithmétique* pour tout le système, jointe à une certaine fonction des diverses distances mutuelles des points du système dite son *énergie potentielle*, donne, pour le système entier, une quantité (*énergie totale*) invariable d'un instant à l'autre.

Et il est même jusqu'à présent très probable (sans qu'il soit néanmoins nécessaire de l'admettre pour ce qui suit) que l'énergie potentielle est une somme pure et simple de termes, $F(r)$, ne dépendant, chacun, que d'une seule distance, d'une seule droite r de jonction des points du système, termes qui exprimeraient sa valeur si le système se réduisait au *couple* des deux points reliés par la droite r correspondante. Par conséquent, si l'énergie actuelle se décompose, comme il est évident, en autant de parties relativement indépendantes que le système comprend de points, l'énergie potentielle se décomposerait aussi en autant de termes distincts qu'il comprend de *couples* de points ou de droites r joignant ces couples, ou encore, de *rapports* (entre points) *élémentaires*, définis par ces droites mêmes.

II. Or, il résulte des trois principes précédents que la *force motrice* de chaque point, *produit de sa masse et de son accélération géométrique actuelle* représenté, en grandeur et direction, par une droite émanée du point suivant le sens de l'accélération, est la *résultante* (ou somme *géométrique*) de droites tirées de ce point vers chacun des autres et égales respectivement aux dérivées partielles, changées de signe, de l'énergie potentielle par rapport à la distance r des deux points ainsi considérés. Cette droite partielle s'appelle *l'action* du point vers lequel on la tire sur le point d'où elle émane : elle est évidemment égale et contraire à la *réaction* analogue de celui-ci sur celui-là ; et l'ensemble de ces deux *forces* constitue *l'action mutuelle* du couple des deux points (fonction de leur seule distance r, quand l'énergie potentielle totale se décompose en énergies partielles propres aux divers couples) [1].

III. Dans la nature, l'énorme complication des systèmes, où il arrive le plus souvent qu'un grand nombre de points apparaissent peu, tout en ayant

---

[1] On peut voir ces déductions, précédées de l'exposé des principes mêmes, par exemple, dans les trois premières de mes *Leçons synthétiques de Mécanique générale* (Paris, Gauthier-Villars ; 1889).

une influence appréciable sur les phénomènes étudiés, est cause que notre attention doit, eu égard à la faiblesse de nos intelligences, se porter presque exclusivement sur certains points *principaux*, plus intéressants ou, parfois aussi, aptes à nous servir de repères pour tous les autres, et dont la situation, la vitesse, l'accélération, seront, dès lors, seules *notées*, seules mises en vue. Il y aura donc lieu d'éliminer des calculs la multitude des autres points, tout en tenant compte de leur action *globale* sur les points principaux.

Et les problèmes résolubles seront justement ceux où cette action globale admettra, *en fonction des quantités relatives aux points principaux*, une expression maniable, que des circonstances particulières à la question, généralement révélées par l'expérience, rendront suffisamment approchée, mais qui, ne contenant plus les variables r dont elle dépend directement, recevra de tout autres formes que sa forme naturelle et rigoureuse.

IV. Par exemple, dans le problème du mouvement, à travers l'atmosphère, d'un boulet lancé par une bouche à feu, l'action de la masse terrestre sur le projectile sera réduite à une fonction de la distance du centre du boulet au centre de la Terre, c'est-à-dire à une fonction de la situation du centre du boulet, ou même à une constante; et, d'autre part, l'action des couches d'air entourant le boulet, qui dépend de leur *inégal* rapprochement à sa surface *en avant* et *en arrière*, sera réduite à une fonction de la vitesse de translation du boulet, *pourvu que* cette vitesse V varie *avec assez de lenteur* pour permettre l'établissement à chaque instant, autour du boulet, d'un *régime* sensiblement *permanent* d'écoulement de l'air contre sa surface, régime dès lors fonction, si compliqué qu'il soit, de la variable unique qui le caractérise, savoir la vitesse actuelle V du projectile.

Les équations de mouvement de celui-ci se formeront donc en condensant dans deux *forces*, l'une constante, l'autre uniquement fonction de la vitesse V, d'une part l'ensemble des actions de la masse terrestre sur lui, d'autre part celle des innombrables particules d'air, *toujours renouvelées*, en contact avec le boulet : ce qui permet d'éliminer fictivement cette masse et ces particules, ou de porter toute l'attention sur le mouvement même du boulet.

Or l'expression approchée en V, ainsi obtenue pour la résistance de l'air, semble une négation de la loi d'actions fonctions uniquement des distances r. Mais il n'en est rien cependant; car elle n'a pris sa forme paradoxale qu'en raison d'une élimination de vraies variables r dont elle dépend, rendue

possible par la notion d'un certain régime d'écoulement du fluide autour du boulet. Et cette notion n'est pas moins suggérée par l'expérience que la loi fondamentale des actions fonctions des distances r. Aussi, quoique notre science imparfaite soit, jusqu'à présent, impuissante à la déduire de la loi fondamentale, ou à saisir leurs rapports intimes, on ne peut, dès lors, admettre aucune contradiction entre elles.

V. Un autre exemple remarquable de réduction, pour les formules exprimant l'action globale d'une multitude presque infinie de points matériels sur une multitude analogue d'autres, se présente chez les corps (solides ou fluides) *à l'état élastique*. On les dit à cet état lorsque la configuration intime de leurs *groupes moléculaires* (ou agglomérations complexes de molécules chimiques), de part et d'autre de la surface séparant deux portions contiguës d'une particule matérielle, et en tant que cette configuration détermine l'action (ou *pression*) d'une de ces portions sur l'autre, n'y dépend que des situations relatives des *centres de gravité* des divers groupes moléculaires, c'est-à-dire de la configuration *visible* de la particule, ou, par conséquent, des déformations perceptibles (toujours assez petites) qu'elle a éprouvées à partir d'un certain état primitif *donné*, qui est, chez les solides et les liquides, l'état *naturel* où resterait la particule, supposée isolée et tranquille (à part son agitation calorifique interne).

En réalité, les situations de ces centres étant censées fixées, chaque groupe de molécules, extrêmement complexe, comporte encore une infinité de rotations et de déformations, entre les centres des groupes environnants qui ne le circonscrivent *que de bien loin*. Mais c'est une notion suggérée encore par l'expérience que, *si* les déformations visibles du corps se font *assez lentement*, chaque groupe moléculaire aura eu sans cesse le temps de répartir ses molécules d'une certaine manière, la plus stable possible, d'après l'espace qui lui est ainsi assigné entre ses voisins. Ce qu'a d'invisible la configuration interne de la particule, *et qui est presque tout*, sera donc, en définitive, *fonction du peu qui est visible*, savoir, des *six déformations élémentaires* d'ensemble, bien connues (trois *dilatations* et trois *glissements*), définissant le changement survenu, à partir de l'état primitif censé donné, dans la configuration *perceptible* de la particule. Par suite, les *pressions élastiques* seront exprimables au moyen de celles-ci.

VI. C'est donc, là encore, la connaissance expérimentale *d'une sorte de régime se produisant sans cesse*, qui rendra possible la *théorie de l'élasticité*, tandis que l'altération plus ou moins profonde des groupes moléculaires,

avec ou sans échange de molécules entre eux, mais avec *sauts* d'un état interne d'équilibre à un autre, etc., rendra intelligibles les *déformations persistantes* ou les faits *de plasticité*.

VII. Et si les déformations visibles de la particule se font trop vite pour que la configuration interne, qui règle les pressions, soit sans cesse la configuration *élastique* (ou la plus stable) pour les situations relatives actuelles des centres des groupes moléculaires, on conçoit que les écarts entre cette configuration élastique *idéale* et la configuration *réelle* se trouveront d'autant plus grands, que la vitesse de production des déformations visibles sera plus grande elle-même, donnant ainsi, dans les formules des pressions, outre leur partie élastique, des termes correctifs, fonctions des *six* vitesses élémentaires (perceptibles) de déformation de la particule. Ainsi s'expliquera la présence, dans les corps, des *frottements intérieurs* (plus souvent appelés de nos jours *forces de viscosité*), fonctions d'un état *dynamique*, de *vitesses*, qui introduisent, dans les formules des pressions, des dérivées par rapport au temps et semblent, comme dans le cas d'un projectile mû à travers l'air, en contradiction avec la loi fondamentale des actions fonctions des distances.

Mais cette contradiction apparente résulte, comme on voit, cette fois encore, d'une élimination des vraies variables rendue possible par la notion d'un certain régime tendant à s'établir, *notion d'expérience* encore venue s'adjoindre à la loi fondamentale sans la nier, quoique nous soyons, au moins jusqu'à ce jour, hors d'état de l'en déduire ou de pénétrer les rapports intimes de ces deux faits capitaux (1).

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle mesure de la cohésion diélectrique de l'argon* (2). Note de M. E. **Bouty**.

La détermination, même approchée, de la cohésion diélectrique de l'argon soulève des difficultés qu'on ne rencontre guère avec les autres gaz

(1) Ce n'est donc pas seulement dans les grandes questions de Philosophie morale ou religieuse que nous devons faire ce que dit Bossuet, *tenir fortement les deux bouts de la chaîne* et croire à sa continuité, malgré l'obscurité qui nous dérobe certains chaînons intermédiaires : c'est aussi dans les questions fondamentales de nos sciences physico-mathématiques. Les principes divers y trouvent leur unité, ou se joignent, à des profondeurs où n'atteint généralement pas notre vision distincte.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 616.

rares (hélium, néon), cependant si sensibles à la présence d'impuretés. On observe en effet, *pour une valeur invariable de la pression* et parfois sans cause bien apparente, des variations progressives de la différence de potentiel minimum susceptible de provoquer la décharge. Ces variations sont tout à fait comparables à celles qui résulteraient, avec tout autre gaz, d'une variation continue de la pression.

Première expérience — De l'argon, reconnu très pur à l'examen spectroscopique, après avoir séjourné dans un serpentin refroidi par l'air liquide, passe dans l'appareil de mesure, composé d'un ballon en relation avec un manomètre à mercure. La pression (34^{cm} de mercure) est demeurée invariable pendant toute la durée de l'expérience (du 5 au 8 mai 1909). Voici les valeurs observées du champ critique y :

Premier jour	1267	1442	1886	1845
Deuxième jour..............	1938	1998	1974	2085
Troisième jour..............	2022	2119	2062	2110
Quatrième jour.............	2096	2144	»	»

De la première à la dernière mesure, y a varié de 70 pour 100 de sa valeur initiale. Si l'on admet, pour la cohésion diélectrique de l'argon, le nombre 38, déterminé dans la suite de cette Note, la variation constatée ici, à pression invariable, est celle qui, dans une expérience normale, résulterait d'un accroissement de pression de 23^{cm}.

Deuxième expérience. — La disposition générale de l'appareil étant la même, après avoir fait, à l'aide de la trompe à mercure, le vide le plus complet possible, on ferme un robinet R interposé entre le ballon et le manomètre, et l'on plonge le serpentin dans l'air liquide, pour absorber toute trace de vapeur de mercure. On ferme un robinet R′ interposé entre le ballon et le serpentin, on remplit ce serpentin d'argon que l'on transvase, après un quart d'heure de séjour dans l'air liquide, dans le ballon désormais séparé du serpentin par la fermeture définitive du robinet R′. Les conditions sont dès lors analogues à celles de l'expérience précédente, à cela près que l'argon employé ici se trouvait un peu moins pur et qu'on avait éliminé toute trace de vapeurs de mercure. Voici les valeurs de y (13-17 mai 1909) :

1859, 1845, 1883, 1902, 1901, 1883, 1898, 1893, 1919, 1872.

Ces nombres, assez irréguliers, ne présentent plus qu'une très légère tendance systématique à l'augmentation.

Troisième expérience. — On remet à ce moment le ballon en communication avec le manomètre, de telle sorte que la vapeur de mercure émise par le ménisque puisse se diffuser lentement vers le ballon.

Une mesure de y est faite aussitôt après l'ouverture du robinet R, et renouvelée chaque jour à la même heure du 17 au 25 mai. Les valeurs de y,

1818, 1770, 1763, 1716, 1716, 1692, 1679, 1640, 1632,

accusent cette fois une diminution systématique qui, le neuvième jour, atteint 10,2 pour 100 de la valeur initiale, et ne peut être attribuée qu'à l'introduction de vapeur de mercure dans le ballon.

Sans approfondir davantage pour le moment les causes des variations que je viens de signaler, il y a lieu de se demander si elles opposent un obstacle insurmontable à l'étude de la variation du champ critique avec la pression, c'est-à-dire à la détermination de la cohésion diélectrique. Tel est l'objet essentiel de cette Note.

Rappelons que la cohésion diélectrique b peut être définie simplement par la relation

$$y = a + bp,$$

dans laquelle y est le champ critique correspondant à la pression p, celle-ci pouvant varier depuis quelques centimètres de mercure jusqu'à la plus haute pression que permettent d'atteindre soit la masse de gaz dont on dispose, soit la puissance de la batterie employée. La cohésion b est une constante caractéristique du gaz, tandis que le coefficient a dépend à la fois de la nature du gaz, de la nature et de l'état superficiel des parois du ballon renfermant le gaz.

Avec la plupart des gaz, les variations de a, au cours d'une série de mesures (durant, en moyenne, plusieurs jours), sont insignifiantes, c'est-à-dire que, quand on maintient la pression invariable, on n'observe jamais de variations de y de quelque importance.

Avec l'argon, et si l'on exclut le cas où le gaz vient d'être refroidi (1re expérience, 1re journée), les variations de y, pour une pression fixe, sont, en somme, assez lentes pour qu'on doive espérer, en croisant les mesures relatives à des pressions alternativement hautes et basses, séparer les variations de y attribuables à des variations de a de celles qui tiennent exclusivement à la variations du terme bp. Partant d'une valeur arbitraire de p, pour laquelle on a mesuré y, on répète le plus tôt possible la mesure pour une pression p', très différente, puis pour une pression p'' voisine de p. De l'ensemble des trois mesures on déduit les valeurs de a et de b. On recommence ensuite entre d'autres limites de pression et l'on constate que les valeurs de b ainsi calculées, d'un bout à l'autre de la série de mesures, ne présentent que de petites différences dont le caractère est accidentel, tandis que la variation de a, qui peut être grande, affecte une allure très nettement systématique.

Il est donc possible d'obtenir une valeur assez approchée de la cohésion diélectrique de l'argon.

Le Tableau ci-dessous donne les résultats de la meilleure expérience.

L'argon, extrait de l'air, avait été préparé avec un soin extrême par M. Lepape, sous la direction de M. Moureu [1], au laboratoire de l'École de pharmacie. Les mesures, exécutées en présence de la vapeur de mercure, sans refroidissement préalable du gaz [2], ont montré un accroissement systématique du coefficient a, évalué en moyenne à dix unités de chaque mesure à la suivante. Les valeurs brutes de y sont données dans la troisième colonne. Dans la quatrième figurent les mêmes valeurs corrigées de la variation de a. Enfin la cinquième donne les valeurs de y calculées par la formule linéaire $y = 539 + 38p$.

14-16 *juin* 1910.

Numéros d'ordre de la mesure.	Pression en centimètres de mercure.	y brut.	y corrigé.	y calculé.	y Différence : calc. — corr.
13......	15,11	1273	1163	1113	— 50
10......	16,03	1217	1137	1148	+ 11
11......	16,03	1233	1143	1148	+ 5
1......	24,97	1481	1481	1488	+ 7
2......	24,97	1494	1484	1488	+ 8
14......	25,61	1620	1500	1512	+ 12
8......	28,74	1688	1628	1630	+ 2
9......	28,74	1652	1582	1630	+ 48
3......	39,65	2096	2076	2046	— 30
4......	39,65	2095	2065	2046	— 19
12......	40,87	2219	2119	2092	— 27
5......	45,14	2269	2229	2254	+ 25
7......	49,36	2459	2409	2414	+ 5
6......	51,73	>2528	>2478	2505	<+ 27

La valeur initiale du coefficient a est 539; sa valeur finale, 659. Dans l'expérience relative à l'argon récemment refroidi dans l'air liquide, la valeur initiale de a devait être sensiblement nulle [3], sa valeur finale atteignant 800 à 900.

En ce qui concerne la cohésion diélectrique, la valeur 38, déduite de l'expérience précédente, se confond presque avec le nombre 39 que j'avais déduit, en 1904, d'expériences à pression relativement basse, avec de l'argon

---

(1) Je prie MM. Moureu et Lepape d'agréer mes meilleurs remercîments pour l'aide qu'ils m'ont fournie en préparant et purifiant, à diverses reprises, l'argon dont je me suis servi.

(2) Ce gaz était conservé depuis un an dans une éprouvette, sur le mercure.

(3) $38p = 38 \times 34 = 1292$; valeur initiale de y, 1267.

préparé par M. Moissan ([1]). La cohésion de l'argon est donc sensiblement double de celle de l'hélium (18,3), gaz qui précède immédiatement l'argon dans la dernière classification de Mendeléeff.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Élimination des déchets azotés dans l'acte de la sécrétion rénale, chez le sujet en état d'inanition. Rapport de cette élimination avec celle de l'eau, véhicule des excreta urinaires. Indépendance réciproque des deux phénomènes.* Note de MM. **A. Chauveau** et feu **Contejean**.

Chez le sujet à l'inanition, la restauration alimentaire ne vient pas compliquer l'observation des désintégrations dont la marche continue représente le phénomène initial et fondamental du renouvellement incessant de la matière animale vivante. L'état de jeûne s'impose donc dans l'étude expérimentale de ce phénomène considéré en lui-même. Il s'impose également dans tous les cas où il y a lieu de profiter de la simplicité que cet état imprime aux conditions expérimentales, pour les recherches physiologiques de toute nature qui ont à s'appuyer, comme point de départ, sur les faits observés au cours des désintégrations courantes attachées à la fonction rénovatrice.

Un exemple du profit qu'on peut tirer de cette condition a été rappelé dans la Note présentée par nous à la séance du 6 juin ([2]). C'est celui de la contribution qui a été apportée, par l'expérience décrite dans cette Note, à la démonstration de la non-participation des albuminoïdes en voie de désintégration à la dépense énergétique liée à la production du travail musculaire. Un sujet appartenant à l'espèce canine, en état d'inanition, passait par des périodes alternatives de repos et de travail, pendant lesquelles on

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 616. Il y a dans la formule (2) de cette Note une faute d'impression. La formule correcte est

$$y = 39\sqrt{p(p+35)}$$

(voir *Journal de Physique*, 4e série, t. III, p. 600) qui, pour des pressions suffisamment élevées, peut être réduite à la forme linéaire $y = 694 + 39p$.

La discontinuité que j'avais cru remarquer alors, pour des pressions supérieures à 16^{cm} de mercure, était une conséquence des phénomènes perturbateurs signalés dans ma Note actuelle. Cette discontinuité n'existe pas.

([2]) *Contemporanéité de la formation et de l'élimination des déchets azotés chez les sujets en état de jeûne.* Note de M. A. Chauveau et feu Contejean (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1478).

recueillait son urine, dont on dosait ensuite l'azote total. D'après la comparaison des chiffres obtenus dans chacune de ces périodes, il était facile de voir si l'intervention du travail accroît les déchets azotés dans l'urine; et l'on pouvait s'assurer ainsi du rôle que les albuminoïdes de l'organisme peuvent jouer comme source de potentiel capable d'alimenter l'activité du système musculaire. Or *la courbe de l'excrétion azotée est restée pendant les périodes de travail ce qu'elle était pendant les périodes de repos.* Il était ainsi démontré que l'énergie employée à la production du travail des muscles ne provient pas directement du potentiel albumine.

Toutes les objections qu'on pouvait opposer à la légitimité de cette conclusion avaient été prévues et réfutées à l'avance. Ainsi, c'était une opinion courante que l'*élimination* des excreta azotés peut fort bien ne suivre que de très loin leur *formation.* Quel fond faire alors sur une expérience, relativement courte, où l'on serait nécessairement exposé à chercher le surcroît d'excreta azotés, dénonciateur de la participation des albuminoïdes à la dépense énergétique excitée par la contraction musculaire à un moment où ce surcroît n'aurait pas encore eu le temps d'apparaître dans l'urine sécrétée? On a vu, par le récit de la laborieuse et très importante expérience de la Note précitée, le cas qu'il convient de faire de cette objection. Destinée à l'étude des influences extérieures ou intérieures qui peuvent modifier les désintégrations préparatoires à la rénovation des albuminoïdes des éléments de l'organisme, l'expérience établit d'une manière très précise et tout à fait significative, la rapidité avec laquelle *se forment et s'éliminent conjointement* les excreta azotés qui résultent de ces désintégrations. En donnant ainsi la preuve de la *quasi-contemporanéité de ces deux phénomènes*, l'expérience de contrôle avait affirmé à l'avance la confiance que mérite la signification négative des faits observés dans notre étude de l'influence du travail musculaire sur la désintégration des albuminoïdes de l'organisme. L'immobilité qu'a présentée la courbe de l'excrétion azotée, dans cette étude expérimentale, prend bien le caractère d'une démonstration positive de l'absence de toute contribution des albuminoïdes à la dépense énergétique du travail musculaire.

Mais ce n'est point là le seul bénéfice à retirer du document expérimental qui a fait l'objet de la Communication précédente. Après en avoir obtenu la démonstration de la promptitude avec laquelle la désintégration des albuminoïdes répond à ses causes excitatrices, dans l'état de jeûne, il reste à en extraire les enseignements annoncés dans le titre de la présente Note, sur *les rapports existant, dans la sécrétion rénale, entre l'élimination des excreta azotés et celle de l'eau, leur véhicule.*

Jamais on ne s'est beaucoup préoccupé de la détermination exacte de ces rapports. Sur la foi de simples apparences, on s'est habitué à admettre vaguement que l'élimination des déchets azotés, produits de la désintégration des albuminoïdes, est subordonnée à l'élimination du véhicule aqueux de ces déchets ([1]). Si cela était, ce serait la suspicion jetée en permanence sur l'exactitude des faits qui nous ont amenés à conclure à la quasi-contemporanéité de la *formation* et de l'*élimination* de ces déchets. Mais cette suspicion ne trouvera même pas l'occasion de se faire discuter.

Les faits nouveaux à produire dans cette seconde Note démontrent, en effet, que les oscillations des quantités d'eau et d'excreta azotés, qu'élimine du sang la sécrétion rénale, ne sont pas nécessairement symétriques dans leur marche croissante ou décroissante. Elles se sont montrées parfois tout à fait discordantes et, dans les cas de concordance, les relations de grandeur qui existaient entre elles n'étaient ni proches ni régulières : *c'était la démonstration de l'indépendance que les deux phénomènes gardent l'un vis-à-vis de l'autre.*

Voilà ce que nous avons à exposer maintenant, en nous appuyant sur les faits consignés dans le Tableau ci-après, où la quantité d'urine recueillie a été mise en regard de l'azote total que contient cette urine, dans chacune des 27 périodes qui se sont succédé au cours de l'expérience.

([1]) Mon préparateur Contejean, ayant entendu émettre cette assertion, sans la moindre réserve, à la Société de Biologie, me demanda d'y répondre, à la séance suivante, en citant brièvement quelques-uns des faits de notre expérience, faits que j'avais déjà colligés, réunis en tableaux et synthétisés au moyen d'un graphique. Non seulement je donnai à Contejean cette autorisation, mais je le chargeai de publier intégralement tous les documents en question, en son nom propre. Je les croyais donc insérés dans les *Comptes rendus* de la Société de Biologie, où je les fis rechercher il y a quelques semaines. C'était au moment où le décès de Pflüger, me remettant en mémoire sa campagne en faveur de la réhabilitation des albuminoïdes considérés comme source essentielle du potentiel qui alimente en énergie les muscles qui travaillent, je désirais contrôler quelques renseignements. A ma grande surprise, les communications que Contejean devait faire à la Société de Biologie ne figuraient pas dans ses *Comptes rendus*. Je ne puis m'expliquer pourquoi. En tout cas, les recherches auxquelles je me livrai, dans les cahiers d'expériences et les papiers du laboratoire, me permirent de retrouver tous les documents que j'avais confiés à Contejean. J'ai donc pu faire une rédaction méthodique de l'expérience. Elle est signée de mon nom et du sien. J'essaie de payer ainsi la dette de reconnaissance que j'ai contractée envers la mémoire d'un précieux collaborateur, qui n'a ménagé ni son temps ni sa peine pour se mettre en état de m'assister utilement dans tous mes travaux de Physiologie générale.

A. Ch.

TABLEAU COMPLET DES QUANTITÉS D'URINE ET D'EXCRETA AZOTÉS FORMÉES AUX DIFFÉRENTS TEMPS DES TROIS SÉRIES DE NOTRE EXPÉRIENCE.

	Succession des temps.	Urine sécrétée dans chaque période.	Azote total des uréides excrétés.	Interventions qui ont activé la formation des déchets azotés et la sécrétion de l'urine.
		cm³	cg	
I.	De 8^h à 10^h	10 +	— 23,2	
II.	De 10^h à midi	7 —	+ 27,4	
III.	De midi à 2^h	7	24,6	
IV.	De 2^h à 4^h	6	23,5	
V.	De 4^h à 6^h	6,5	27,3	
VI (*a*).	De 6^h soir à 8^h matin	329	158,2	(*a*) 400$^{cm^3}$ d'eau froide introduite dans l'estomac, au début de cette période.
I.	De 8^h à 10^h	19	24,5	
II (*b*).	De 10^h à midi	193 +	= 30,9	(*b*) Douche froide de 15^m au début de cette période. Tempér. rectale : avant, 38°,8; après, 36°,4.
III.	De midi à 2^h	82 —	= 30,8	
IV.	De 2^h à 4^h	15	28	
V.	De 4^h à 6^h	12	22,6	
VI (*a*).	De 6^h soir à 8^h matin	360	136,5	(*a*) 400$^{cm^3}$ d'eau froide introduite dans l'estomac, au début de cette période.
I.	De 8^h à 10^h	6	20,7	
II (*c*).	De 10^h à midi	130 +	— 27	(*c*) Douche froide de 15^m au début de cette période. Tempér. rectale : avant, 38°,9; après, 36°,5.
III.	De midi à 2^h	32,5 —	+ 28,4	
IV (*d*).	De 2^h à 4^h	167 +	— 31,4	(*d*) Id. — Tempér. rect. : avant, 38°,6; après, 36°,1.
V.	De 4^h à 6^h	35 —	+ 32,4	
VI.	De 6^h à 8^h	13	29,1	
VII (*a*).	De 8^h à 10^h	270	36,7	(*a*) 400$^{cm^3}$ d'eau froide introduite dans l'estomac, au début de cette période.
VIII.	De 10^h à minuit	94 +	— 25,3	
IX.	De minuit à 2^h	16 —	+ 26,4	
X.	De 2^h à 4^h	16 +	= 25,6	
XI.	De 4^h à 6^h	12 —	— 25,5	
XII.	De 6^h à 8^h	10 =	+ 26	
XIII.	De 8^h à 10^h	10	— 25,4	
XIV.	De 10^h à midi	7 =	— 25,3	
XV.	De midi à 2^h	7 =	+ 25,5	

Au premier coup d'œil jeté sur ce Tableau, il est facile de voir que l'action exercée par les excitations de la rénovation de la matière n'a pas seulement accru la valeur des excreta azotés. Cette action a provoqué de plus un énorme accroissement de la quantité d'eau excrétée dans la succession des périodes de l'expérience. Mais ce dernier accroissement ne suit pas une marche parallèle à celle de l'excrétion azotée. L'indépendance réciproque des deux phénomènes se manifeste nettement quand on compare les chiffres qui en expriment respectivement l'intensité au cours des différents temps des trois séries d'expériences.

La comparaison, déjà facile avec le Tableau complet, le devient encore plus avec le Tableau résumé ci-après, dans lequel les valeurs d'urine évacuée et d'azote total fourni par les uréides qu'elle contient sont mises en regard sur deux lignes superposées : la supérieure, consacrée à l'évacuation urinaire; l'autre à l'évacuation des déchets azotés. Cette disposition facilite d'autant mieux la constatation des différences qui existent dans l'intensité des oscillations des deux ordres, que les chiffres inscrits ne représentent pas les quantités d'urine ou d'azote réellement obtenues, mais le quotient de ces quantités réelles par la moindre d'entre elles, prise pour unité dans chacune des deux catégories de valeurs comparées.

	1re série.					2e série.				
Nos d'ordre..	I.	II.	III.	IV.	V.	I.	II.	III.	IV.	V.
	–	–					–	–		
Évac. ur..	1,66	1,17	1,17	1	1,08	3	32	17	2,5	2
Évac. az...	1,12	1,32	1,19	1,14	1,32	1,18	1,50	1,50	1,35	1,09
	–	–					=	=		

	3e série.														
Nos d'ordre.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.
		+	–	+	–			+	–	+	–		–	=	–
Év. ur.	1	21,7	5,4	28	6	2,2	45	15,6	2,7	2,7	2	1,17	1,17	1,2	1,2
Év. az.	1,00	1,30	1,37	1,52	1,57	1,41	1,77	1,22	1,27	1,24	1,23	1,26	1,23	1,22	1,23
		–	+	–	+			–	+	=	=	+	–	–	+

Les enseignements que fournit ce nouveau Tableau sur les rapports de l'évacuation des déchets azotés avec celle de leur véhicule aqueux s'y traduisent d'une manière saisissante. L'énormité des oscillations de ce dernier fait un bien instructif contraste avec la petitesse relative des oscillations des déchets azotés. *Ces derniers n'arrivent point à varier du simple au double; leurs oscillations* se limitent étroitement entre 1 et 1,77. Mais celles de l'urine éva-

cuée vont de 1 à 45! C'est au moment où l'action des interventions excitatrices des dislocations rénovatrices bat son plein que ces extraordinaires dissemblances se manifestent. Elles sont déjà bien significatives comme indices de l'indépendance réciproque des deux évacuations. Leur signification s'accentue encore du fait de ce qui arrive quand cette action est complètement épuisée. Alors les différences tendent à se produire en sens inverse, c'est-à-dire au désavantage des oscillations de l'urine sécrétée. Devenues très petites ces dernières se montrent plutôt inférieures à celles des uréides que contient ce liquide.

Tout importante que soit cette démonstration, elle n'atteint pourtant pas la valeur de celle qui est fournie par les résultats discordants obtenus dans quelques-unes des périodes de l'expérience : la marche de l'évacuation azotée y est parfois *croissante* quand celle de l'évacuation aqueuse est *décroissante*. Des accolades spéciales signalent, dans les Tableaux, les temps de l'expérience où cette discordance s'est manifestée.

Il est ainsi très solidement établi que le rein enlève simultanément au sang les uréides et l'eau qui doivent en être éliminés, sans que ces deux actes soient unis l'un à l'autre par le lien d'une solidarité quelconque.

Donc, *chez le sujet en état de jeûne, les variations de quantité de l'urine sécrétée, au cours d'une série de périodes expérimentales, n'introduisent aucun trouble dans la signification des excreta azotés entraînés avec l'urine. Ils restent, dans tous les cas, les témoins fidèles de l'activité de la désintégration des albuminoïdes des tissus et des humeurs de l'organisme animal, même dans les expériences de courte durée.*

PHYSIQUE. — *Sur l'action mutuelle de deux cathodes dans le champ magnétique.* Note de M. Gouy.

1. J'ai mentionné déjà [1] l'éclat que prennent les rayons magnéto-cathodiques émis par deux cathodes dans une ampoule de Crookes, lorsqu'ils sont amenés à superposition. Ces expériences, où j'ai utilisé une machine électrostatique et une batterie de 2800 accumulateurs, ont mis en évidence d'autres phénomènes qui se produisent lorsqu'il y a des lignes de force magnétique qui vont d'une cathode à l'autre ; c'est ce que j'appellerai, pour abréger, une position *privilégiée*.

---

[1] *Comptes rendus*, 22 février 1909.

2. Il convient de donner à l'anode une très grande surface et d'employer de faibles courants, pour éviter la chute de potentiel magnéto-anodique (¹). Tant que le vide n'est pas élevé, le potentiel explosif hors du champ magnétique ne dépassant guère 400 volts, l'effet du champ sur ce potentiel est peu important; mais tout change quand le vide devient très élevé, avec des champs de 1000 gauss et au-dessus.

Hors du champ, le potentiel explosif, comme on sait, croît rapidement avec le vide; il atteint plusieurs milliers de volts pour des pressions de quelques microns, puis des valeurs bien plus grandes jusqu'à $0^{\mu},2$ qui est à peu près la limite de mes expériences (²).

L'action du champ, si l'on est très loin de la position privilégiée (à angle droit, par exemple), ne modifie que peu le potentiel explosif, sauf aux vides extrêmes où elle l'augmente notablement. Si l'on fait tourner l'ampoule en se rapprochant de la position privilégiée, ce potentiel s'abaisse, d'abord lentement, puis très vite au voisinage de la position privilégiée, où il atteint enfin une valeur peu supérieure à 400 volts, *qui augmente à peine avec le degré de vide*, et reste inférieure à 480 volts avec les appareils munis de cathodes sphériques (³). Une pile de 500 volts suffit ainsi à donner du courant jusqu'à la limite du vide ($0^{\mu},2$) où il faudrait plus de 20000 volts dans les conditions ordinaires. Avec des cathodes filiformes, il faut un peu plus, environ 600 volts. Plus le champ est intense, plus est rapide la variation du potentiel explosif au voisinage de la position privilégiée, mais, dans cette position même, sa valeur ne varie guère entre 500 et 2000 gauss (⁴).

3. Pour une expérience de démonstration, on peut employer une pile ou une source électrostatique fournissant un ou deux milliers de volts, et faire marcher la pompe Gaëde sans craindre l'excès de vide. En tournant l'am-

---

(¹) L'anode est un cylindre ouvert aux deux bouts, de 8^{cm} de diamètre, contenant les deux cathodes dans son intérieur. Il est commode (mais non indispensable), de réduire l'intensité à quelques micro-ampères, pour ne pas être gêné par les dégagements gazeux et par l'échauffement des cathodes.

(²) Avec un des appareils, par exemple, on avait 10000 volts pour une pression de 5^{μ}, et 20000 volts pour 1^{μ}. Ce sont les pressions mesurées à la jauge. Il faudrait y ajouter la tension de vapeur du mercure ($0^{\mu},8$) et peut-être celle des vapeurs hydrocarbonées provenant des joints rodés.

(³) Ce sont des boules de 5^{mm} ou de 9^{mm} de diamètre, éloignées de 3^{cm} environ, et portées par des fils garnis de tubes de verre.

(⁴) Avec 130 gauss, l'effet est un peu moindre, quoique encore très considérable; le potentiel explosif en position privilégiée augmente avec le vide, jusqu'à atteindre 750 volts environ.

poule dans le champ, on la voit s'allumer en arrivant à la position privilégiée, puis s'éteindre en dépassant cette position, en concordance avec les indications du galvanomètre. On peut répéter l'expérience à circuit ouvert, en reliant l'anode à la feuille d'or d'un électromètre, le tout parfaitement isolé. L'anode étant mise à la terre un instant, on voit la feuille d'or rester ensuite immobile, puis se relever brusquement lorsqu'on arrive à la position privilégiée, mesurant ainsi un potentiel différent de 500 volts environ de celui des cathodes.

4. Lorsque le courant passe en position privilégiée, les faisceaux magnéto-cathodiques se superposant, on voit s'illuminer vivement l'espace intercathodique. L'éclat de cette lumière est très grand, surtout avec quelques milliampères, et efface tout le reste quand l'expérience est bien disposée. Il reste toutefois près de chacune des cathodes un espace obscur (¹), qui est d'autant plus restreint, que l'ampoule est le siège d'oscillations électriques plus intenses. Ainsi une étincelle dans le circuit diminue beaucoup cet espace obscur, qui est d'ordinaire plus réduit avec une machine électrostatique qu'avec une pile. Toutefois l'espace occupé par la lumière intercathodique ne décroît jamais au delà d'une certaine limite (²).

Si l'une des cathodes est entièrement isolée, et joue ainsi le rôle de cathode secondaire, elle produit de même de la lumière intercathodique, mais l'espace obscur de son côté est nul ou fort petit. Il en est de même si on la remplace par une baguette isolante, et il en est encore de même de la paroi de verre de l'ampoule. Il en résulte que, pour observer les rayons magnéto-cathodiques sans cette complication, il faut qu'ils se terminent sur l'anode, et non sur la paroi de verre. Dans le premier cas, l'espace obscur sur le rayon a sensiblement la même étendue que l'espace de Hittorff, à vide égal, et va jusqu'à l'anode dès que le vide est un peu élevé. Dans le second cas, il y a toujours près du verre une assez vive lumière de nature intercathodique (³).

(¹) Relativement obscur.

(²) Lorsque le courant passe, sans qu'on soit en position privilégiée, les faisceaux magnéto-cathodiques des deux cathodes ne se rencontrant pas, se montrent alors réunis par une sorte de pont lumineux, qui est un reste ou une variante de la lumière inter-cathodique, et qui a d'ordinaire la forme d'un anneau.

(³) En position privilégiée, la phosphorescence du verre produite par les rayons magnéto-cathodiques est fort diminuée, comme je l'avais signalé (*loc. cit.*). Ce fait s'explique aujourd'hui bien simplement par la baisse de tension que nous avons constatée plus haut.

5. La paroi de verre agissant comme cathode secondaire produit, quoique à un moindre degré, les mêmes effets d'abaissement du potentiel explosif qu'une cathode ordinaire. Ainsi une ampoule à une seule cathode peut laisser passer le courant quand les lignes de force magnétique passant par la cathode rencontrant le verre, et arrête ce courant quand ces lignes rencontrent une anode. Une pareille ampoule s'allume ou s'éteint par rotation dans le champ magnétique, suivant que l'un ou l'autre de ces deux cas est réalisé.

En résumé, *aux vides élevés, lorsque des charges négatives sont reliées (ou près de l'être) par des lignes de force magnétique, elles produisent une action de nature inconnue qui est mise en évidence par un abaissement extrême du potentiel explosif, et par la production de la lumière inter-cathodique.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de *Zoologie* (*Reptiles et Poissons*) vacante au Muséum d'Histoire naturelle par suite de l'admission à la retraite de M. *Vaillant*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. **Houard** adresse un Rapport sur les travaux qu'il a exécutés à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le *fonds Bonaparte* en 1909.

MM. **A. Bellot**, **Bouly de Lesdain**, **Hippolyte Coste**, **G. Guilbert**, **de Martonne**, **de Segonsac** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Caisse des recherches scientifiques. Année 1909. *Rapport annuel*, par M. Paul Dislère.

2° *Savants du jour : Émile Picard, Biographie, Bibliographie analytique des écrits*, par Ernest Lebon.

3° *Recherches sur l'ionisation produite par les rayons* α, par M. Marcel Moulin. (Présenté par M. E. Bouty.)

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la variation dans le mouvement de la Lune.* Note de M. **Nicolau**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans ses *Researches in the Lunar Theory* (¹), après avoir traité les inégalités variationnelles de la Lune, Hill envisage le cas des satellites à « lunaison » plus grande. Dans le calcul de leurs trajectoires cependant une difficulté se présente et, dès que la valeur de m devient plus forte, il est obligé de recourir aux quadratures mécaniques. Cela tient à ce que, malgré leur convergence rapide, les développements des coordonnées de sa Lune idéale ne convergent que pour de très petites valeurs du paramètre m. En utilisant le paramètre p que M. Poincaré a introduit dans sa *Mécanique céleste* (t. II, 2ᵉ Partie, nº 327), j'ai trouvé des développements dont le cercle de convergence est plus étendu. Je pars de ces équations qui pour $p=m$ donnent les équations différentielles du mouvement de Hill. Ayant adopté les variables complexes $u=x+yi$, $s=x-yi$ et pris comme variable indépendante l'argument de Delaunay τ, j'applique à ces équations les opérateurs

$$\mathrm{o}=\zeta\frac{d}{d\zeta}=-i\frac{d}{d\tau}, \qquad \text{avec} \qquad \zeta=e^{i\tau},$$

je les ramène à la forme des *équations imaginaires* et, en tenant compte de la solution de Hill

$$u=\sum a_i\zeta^{2i+1}, \qquad s=\sum a_{-i-1}\zeta^{-2i-1} \qquad (|i|=0,1,2,\ldots,\infty),$$

j'obtiens les équations bilinéaires auxquelles satisfont les coefficients a; elles peuvent s'écrire sous la forme

$$a_0a_j=\sum\frac{u_{ji}}{\Delta_j}a_ia_h+m^{|2j|}\sum\left(\varepsilon_j\frac{u_j}{\Delta_j}a_ia_{j-i-1}+\varepsilon_{-j}\frac{v_j}{\Delta_j}a_ia_{-j-i-1}\right),$$

avec $\varepsilon_{\pm j}=1$ ou 2 suivant que $\pm j-1-2i=0$ ou *non*, $h=i-j\neq 0$; les fonctions $\frac{u_{ji}}{\Delta_j}$, $\frac{u_j}{\Delta_j}$, $\frac{v_j}{\Delta_j}$ étant respectivement celles que Hill désigne par $[j,i]$, $\frac{1}{m^2}[j]$, $\frac{1}{m^2}(j)$, avec p au lieu de m, et $\Delta_j=8j^2-2-4p+p^2$.

(¹) *American Journal of Mathematics*, t. I.

Je définis ensuite les coefficients a_j sous la condition

$$|i|, \quad |h| \leqq |j|.$$

Les équations précédentes donneront ainsi les inconnues toujours avec les mêmes ordres d'erreur que les équations employées par Hill, mais avec une approximation plus grande, car elles sont plus complètes; il suffit d'ailleurs de trois approximations successives pour avoir $a_{\pm 1}$ avec une erreur de l'ordre de m^{14}. Alors, à la première approximation, les coefficients $a_{\pm 1}$ dont dépend la *variation* satisfont aux équations suivantes :

$$\left.\begin{aligned} f_1 &= 0 = 2m^2 \frac{u_1}{\Delta_1} a_1 a_{-1} + m^2 \frac{v_1}{\Delta_1} a_{-1}^2 - a_1 + m^2 \frac{u_1}{\Delta_1} \\ f_{-1} &= 0 = 2m^2 \frac{v_{-1}}{\Delta_1} a_1 a_{-1} + m^2 \frac{u_{-1}}{\Delta_1} a_{-1}^2 - a_{-1} + m^2 \frac{v_{-1}}{\Delta_1} \end{aligned}\right\} \quad (a_0 = 1).$$

Or, aux environs de $m = 0$, le théorème de Cauchy sur les fonctions implicites est ici applicable; les développements de $a_{\pm 1}$ définis par ces équations seront donc convergentes depuis $m = 0$ jusqu'à la valeur critique de m la plus petite. Pour toutes ces valeurs critiques, le déterminant fonctionnel de f_1, f_{-1} par rapport à a_1, a_{-1} est nul; et cette circonstance a lieu lorsque les deux solutions périodiques correspondant à $a_{\pm 1}$ se confondent en une seule, ou bien, en regardant a_1 et a_{-1} comme les coordonnées courantes d'un point du plan, lorsque les hyperboles $f_1 = 0$, $f_{-1} = 0$ deviennent tangentes. Je considère alors le discriminant $F(\lambda)$ de l'équation $f_1 + \lambda f_{-1} = 0$ qui définit les sécantes communes à ces deux coniques; j'exprime que le discriminant du hessien de F est *nul*, et, avec $p = m$, j'obtiens une équation du 20e degré en m; mais en regardant m et p comme indépendants l'un de l'autre, cette équation est de la forme

$$AM^2 + BM + C = 0,$$

où $M = m^4(38 + 28p + 9p^2)$ et A, B, C des polynomes entiers en p. Je fais ensuite varier p dans l'intervalle $(0, 1)$; je calcule de proche en proche une série de valeurs du module $|M|$, j'en déduis les valeurs correspondantes de $|m|$, et puisque les valeurs acceptables pour la convergence sont celles pour lesquelles on a

$$p < |m|,$$

je trouve que la valeur *critique* de m tombe entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{3}{5}$. Une limite supérieure encore acceptable est $m = \frac{13}{25} = p$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éclat du Soleil et la constante solaire.* Note de MM. **Edmond Bauer** et **Marcel Moulin**, présentée par M. H. Deslandres.

I. La température du corps noir dont l'éclat serait (pour le rayonnement total) le même que celui du Soleil et qui a été déterminée par M. Millochau au sommet du mont Blanc, conduit, comme l'a fait remarquer M. Deslandres, à une constante solaire trop petite, si l'on adopte, pour la constante de la loi de Stefan, la valeur déterminée par M. Kurlbaum, ou à une valeur beaucoup trop grande de cette dernière constante si l'on adopte pour la constante solaire la valeur expérimentale.

A priori, ce résultat peut sembler surprenant, étant donné que le télescope Féry employé et les actinomètres mesurent l'énergie du rayonnement total du Soleil et que leurs indications sont liées par une relation purement géométrique.

On a en effet, pour la constante solaire A,

$$A = \sigma T^4 \operatorname{tang}^2 \frac{\varphi}{2},$$

σ étant la constante de la loi de Stefan et φ le diamètre apparent du Soleil. On peut remarquer que si les deux mesures sont faites au même instant, cette relation est indépendante de l'absorption atmosphérique.

II. Nous avons pensé qu'on pourrait déterminer la constante σ en pointant sur le Soleil le télescope Féry que nous avions étalonné sur un corps noir à 1064° (fusion de l'or) et en mesurant en même temps l'énergie à l'aide d'un actinomètre absolu, tel que le pyrhéliomètre d'Angström.

Cette méthode nous semblait devoir être particulièrement commode, parce que l'énergie reçue par l'appareil absolu est assez grande pour qu'on n'ait pas besoin d'un galvanomètre très sensible et que, le maximum de l'énergie du spectre solaire étant dans le visible, on pouvait admettre que le pouvoir absorbant des lames noircies était très voisin de l'unité (0,985, d'après Angström).

Nous avons pu disposer pendant quelque temps d'un appareil d'Angström que M. Deslandres avait bien voulu mettre à notre disposition et nous l'avons pointé sur le Soleil en même temps que le télescope.

Bien que nous ayons opéré par jours de beau temps (à Paris), les indications des deux appareils subissaient des variations assez notables qui nous ont empêchés d'obtenir la précision que nous aurions désirée. Il aurait été

indispensable, en effet, pour pouvoir calculer l'éclat moyen du Soleil, de mesurer cet éclat aux différents points de la surface solaire. Comme les variations signalées ci-dessus ne nous ont pas permis d'effectuer cette mesure, nous avons utilisé les courbes de variation de l'éclat solaire suivant un diamètre, qui ont été obtenues par W.-E. Wilson, par Abbott et par Véry. Une intégration simple nous a permis de connaître la correction à faire subir à l'éclat mesuré au centre du disque pour avoir l'éclat moyen. Cette correction est d'environ 15 pour 100.

Nous avons obtenu, en moyenne, pour le rapport de A à $T^4 \operatorname{tang}^2 \frac{\varphi}{2}$, T correspondant à peu près à l'éclat du centre du Soleil :

$$4{,}9.10^{-12}; \quad 5{,}1.10^{-12} \quad \text{et} \quad 5{,}0.10^{-12} \quad (\text{watts.cm}^{-2}.\text{sec}^{-1}),$$

et, toute correction faite, la valeur de σ serait

$$5{,}7.10^{-12}.$$

Ce résultat est bien du même ordre, aux erreurs d'expériences près, que les valeurs obtenues dans ces dernières années et qui oscillent entre

$$5{,}3.10^{-12} \quad \text{et} \quad 5{,}5.10^{-12};$$

il faut d'ailleurs remarquer que la valeur que nous venons de déduire de nos expériences est probablement un peu trop grande En effet, il nous était difficile, à cause des variations, de mesurer l'éclat exactement au centre et par suite la valeur de T introduite dans le calcul devait être un peu trop petite.

Malgré les variations observées, le résultat obtenu est assez bon pour qu'on puisse espérer déterminer, par cette méthode, la constante de la loi de Stefan avec une bonne précision, si l'on se place dans des conditions convenables. Nous espérons pouvoir reprendre ces mesures dans un Observatoire de montagne où les conditions atmosphériques seront beaucoup plus satisfaisantes qu'à Paris.

ASTRONOMIE. — *Résumé des observations physiques faites sur la comète de Halley.* Note de M. **J. Comas Solà**, présentée par M. Bigourdan.

Ces observations se rapportent aux périodes de maxima de visibilité de la comète le matin et le soir; toutes, soit télescopiques, soit photographiques, ont été faites avec l'équatorial double Mailhat de 38^{cm} d'ouverture de l'Observatoire Fabra.

La comète ne commença à être perceptible ici, à l'œil nu, qu'à partir du 15 avril.

La longueur visible de la queue dans les environs du périhélie a été de 50 millions de kilomètres.

Comme caractère constant, il faut citer la forme presque rectiligne de la queue, aspect qui peut tenir en grande partie à la circonstance que la Terre était relativement voisine du plan de la queue.

La comète a présenté des caractères dissemblables avant et après la conjonction inférieure avec le Soleil, sans que ceci veuille dire que cette conjonction ait influencé les changements d'aspect; ces changements ont eu sans doute pour origine, outre la variation de distance au Soleil, des phénomènes d'ordre physique du noyau et de ses enveloppes.

Les caractères principaux *avant la conjonction* ont été les suivants :

1° La queue fut généralement bifurquée. Photographiquement, elle était constituée par de longs et nombreux filaments, sans apparence claire de flocons ni de grandes déviations dans les filets. Ceci serait le résultat, à mon avis, de la plus grande intensité de la force répulsive solaire; comme on sait, pendant cette période la comète n'était pas très éloignée du périhélie. D'autre part, les deux parties de la queue ont été bien souvent divergentes dans les clichés.

2° Le diamètre de la partie photographiquement la plus brillante de la tête était relativement petite. En la mesurant sur les clichés, je trouve, à partir du 4 mai, des valeurs peu différentes de 110000^{km}. D'un autre côté, la tête a été presque toujours environnée d'enveloppes étendues, très faibles et presque toujours excentrées par rapport à l'axe de la queue. Cette dissymétrie est très frappante dans un cliché du 11 mai.

3° Le noyau a été assez brillant et son diamètre, d'ailleurs très difficile à mesurer micrométriquement par suite de la diffusion des bords, pouvait avoir 3500^{km} environ.

Caractères après la conjonction. — Le temps déplorable qu'on a eu ici après cette conjonction m'a interdit toute bonne observation jusqu'au 30 mai.

1° La queue n'a pas été bifurquée. Le 30 mai, elle avait l'aspect d'une sorte de pinceau de poils courts et très nombreux. A partir du 31 mai, il apparaît, dans les clichés, une aigrette qui se modifie de jour en jour, mais qui continue a être visible jusqu'à la fin de la série de photographies.

2° La partie plus brillante de la tête a grossi extrêmement. En effet, elle a été, pendant cette dernière période, de 160000^{km} à peu près. Les faibles enveloppes extérieures sont plus réduites qu'avant.

3° Le noyau est très petit. On dirait qu'il ne dépasse pas 1000^{km} de diamètre.

La grandeur maxima apparente de la tête a eu lieu, pour mes conditions d'observation, le 21 mai, jour où j'ai pu voir la comète un instant, dans

une éclaircie. Sa grandeur globale était quelque peu supérieure à la 1re grandeur.

On peut admettre que, la comète s'éloignant du Soleil, la force répulsive de celui-ci diminuait rapidement, d'où a pu résulter non seulement une notable diminution de la longueur de la queue, mais aussi le gonflement de la tête. Avec cette diminution de force répulsive, coïncide l'apparition des aigrettes centrales, des flocons ou masses caudales et des déviations des trajectoires des filets, déviations qui feraient même croire à l'existence de milieux très faiblement résistants dans l'espace. En comparant le cliché du 31 mai avec celui du 30 mai, il résulte que la vitesse moyenne de projection de ces matières, dans les deux premiers millions de kilomètres parcourus, fut au moins de 23^{km} par seconde.

J'ai signalé dans une Note antérieure (1) la formation d'une bouffée petite et brillante avec un filament qui la reliait au noyau, le 31 mai. Dans cette Note, j'ai parlé aussi de l'aspect remarquable de la queue qui offrait, ce jour-là, une grande projection à un million de kilomètres du noyau, aspect complètement différent de celui du 30 mai. Enfin, j'ai signalé l'apparition du noyau double le 2 juin, de même que l'apparition de plusieurs condensations, en mouvement rapide, le 4 juin.

Il est question, dans toutes ces apparences, d'une série d'émanations *phosphorescentes* qui semblent avoir commencé à se séparer du noyau le 31 mai, ce qui a coïncidé avec la formation de l'aigrette centrale déjà indiquée et le changement de la structure de la queue, jusqu'alors assez régulière. La soirée d'observation la plus importante fut celle du 4 juin.

Pour ne rien préjuger sur la nature de ces projections ou bouffées, je les appellerai *globes*.

Le globe le plus brillant avait un éclat total inférieur d'une magnitude et demie à celui du noyau. Les autres étaient assez pâles, mais d'observation facile, sauf un, indiqué comme douteux. Le 4 juin, je commençai l'observation à 8^h40^m, et au bout de 15 minutes, il était sensible, à vue d'œil, que ces globes se séparaient du noyau. Une série de mesures micrométriques du globe le plus brillant, par rapport au noyau principal, faite avec des fils de platine sur champ noir et par doubles distances, a donné :

	Distance.		Distance.
h m	"	h m	"
8.45	6,5	10. 5	11,8
8.50	7,0	10.20	12,8
9.40	7,7	10.35	12,4
9.50	9,9	»	»

(1) *Voir* p. 1496 de ce Volume.

L'angle de position resta sensiblement constant et égal à 123°23′, ce qui correspond à la direction de la queue.

En combinant toutes les observations de distance, on trouve 4″,28 par heure pour la vitesse moyenne avec laquelle ce globe s'éloigna du noyau de $8^h 45^m$ à $10^h 35^m$; ce qui donne, pour la vitesse linéaire transversale, 527^m par seconde.

Ce globe, en lui supposant la même vitesse et la même trajectoire radiale, aurait été lancé par le noyau à $7^h 32^m$ du même jour.

Tous ces globes paraissent *s'évanouir* à 25000^{km} environ du noyau; la diffusion de cette matière dans l'espace pourrait donner lieu peut-être à la formation d'aigrettes et de masses nuageuses de la queue.

J'ai eu plusieurs bonnes soirées depuis le 4 juin, mais, quoique il m'ait semblé souvent voir des jets et de faibles nébulosités difformes près du noyau, je n'ai pu apercevoir rien de semblable à ce que j'ai vu notamment le 4 juin. D'autre part, la clarté de la Lune a empêché de continuer l'étude photographique de la structure de la queue.

Quant au passage de la tête devant le Soleil, il n'a pas été observable : la pluie a tombé presque constamment le 18 mai, et les appareils météorologiques n'ont enregistré rien d'anormal.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des systèmes complets.* Note de M. E. **Vessiot**, présentée par M. Émile Picard.

1. Considérons un système complet rationnel donné

$$(\mathrm{S}) \qquad 0 = \mathrm{L}_k f \equiv \frac{\partial f}{\partial x_{p+k}} + \sum_{h=1}^{p} \lambda_{kh}(x_1, \ldots, x_n) \frac{\partial f}{\partial x_h} \qquad \begin{pmatrix} n = p+q \\ k = 1, 2, \ldots, q \end{pmatrix};$$

et soit (L) le groupe ponctuel de l'espace $(x_1, \ldots, x_n)$ qui laisse invariante chaque solution de (S). Nous appellerons *groupe caractéristique* de (S) le plus petit groupe ponctuel du même espace qui contienne (L) et dont les équations de définition soient rationnelles. Soit γ ce groupe : il laisse invariant le système (S). Remarquons que si (γ) se réduit à (L), p intégrales de (S), indépendantes, sont rationnelles; et (S) s'intègre rationnellement.

Si, dans les équations de définition de (γ), on remplace les q fonctions inconnues $x'_{p+1}, \ldots, x'_n$ par des constantes, il reste un système rationnel (σ) définissant les p autres fonctions inconnues $x'_1, \ldots, x'_p$. Ce système (σ) est automorphe, une de ses solutions est une solution principale de (S); et le groupe associé à (σ) est l'une des formes du *groupe de rationalité* de (S).

Ce groupe de rationalité indique, du reste, comment les caractéristiques de (S) s'échangent par les transformations de (γ).

2. Si le groupe (γ) est connu, la méthode d'intégration qui s'offre d'elle-même est la suivante. Soit (γ_1) un sous-groupe de (γ), contenant (L): ses équations de définition dépendent rationnellement de certaines fonctions de $x_1, \ldots, x_n$, qui satisfont à un système différentiel automorphe rationnel; une solution quelconque de ce système auxiliaire fournit un sous-groupe homologue de (γ_1), et qu'il n'y a aucun inconvénient à considérer comme (γ_1) lui-même. Si l'on adjoint cette solution au domaine de la rationalité primitif, on obtiendra donc une réduction du groupe caractéristique, qui deviendra (γ_1) ou un de ses sous-groupes. On opérera de même sur le nouveau groupe caractéristique, et ainsi de suite, jusqu'à arriver à (L) lui-même. A ce moment, l'intégration de (S) sera effectuée.

Dans cette méthode qu'on peut, du reste, préciser davantage, on détermine une solution de chacun des systèmes auxiliaires introduits. Imaginons, au contraire, qu'on les intègre complètement. On démontre que, d'une manière générale, si l'adjonction simultanée de toutes les solutions d'un système différentiel rationnel (définissant des fonctions des variables indépendantes $x_1, \ldots, x_n$) réduit le groupe (γ), elle le réduit à un de ses sous-groupes invariants.

Ce résultat essentiel conduit à prendre pour (γ_1) un sous-groupe invariant maximum de (γ), à opérer de même sur (γ_1), et ainsi de suite. Comme on peut faire en sorte de n'opérer que sur des groupes transitifs, le passage de (γ) à (γ_1) dépend, si l'on veut, de l'intégration d'un système complet à groupe de rationalité simple. Ce dernier problème est ainsi le problème d'intégration fondamental de cette théorie.

3. Le groupe (γ) est défini par certains invariants différentiels, qui satisfont, en particulier, aux équations obtenues en égalant à zéro les transformations infinitésimales $L_k f$, convenablement prolongées. En théorie, la détermination du groupe caractéristique d'un système (S) donné dépend donc de la recherche des intégrales rationnelles de certains systèmes complets rationnels. Observons que ces systèmes complets et ces intégrales ne sont pas quelconques.

4. Pour la définition et la réduction du groupe caractéristique, on peut substituer au groupe (L) un de ses sous-groupes (L') qui n'admette pas d'autres invariants d'ordre zéro que ceux de (L); par exemple le groupe fini, d'ordre q, qui est défini par les transformations infinitésimales $L_k f$. C'est ce que nous avions fait dans notre Note du 8 novembre 1909, pour le cas

$q=1$. Le groupe caractéristique (γ') ainsi obtenu est un sous-groupe de (γ), mais échange de la même manière les caractéristiques du système (S).

Ce point de vue est utile, par exemple, dans l'application de la théorie aux systèmes d'équations différentielles ordinaires linéaires et, plus généralement, à ceux que nous avons nommés *systèmes de Lie*.

5. L'emploi des groupes caractéristiques permet de discuter les diverses théories formelles d'intégration ; en particulier, la théorie classique de Lie pour l'intégration d'un système complet, quand on connaît des transformations infinitésimales qui laissent ce système invariant ; et aussi les théories plus générales que Lie a esquissées, pour le cas où l'on connaît des invariants différentiels ou intégraux du groupe (L), ou des systèmes différentiels invariants par ce groupe.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Quelques propriétés des fonctions de Green.* Note de M. **Hadamard**, présentée par M. P. Appell.

Soit g_B^A une fonction de Green, relative au problème de Dirichlet [1] (plan ou spatial) pour une équation du second ordre quelconque du type elliptique, ou encore la fonction analogue relative soit au problème qui régit l'équilibre des plaques élastiques encastrées, soit au problème spatial de même énoncé.

Lorsqu'on déforme la frontière (sans changer les points A, B), la variation infinitésimale de g est donnée par des formules que j'ai précédemment calculées [2].

Ces formules subsistent même lorsque A est confondu avec B, quoique (au moins dans le cas du problème de Dirichlet) g devienne alors infini ; car g se compose d'une partie singulière $\left(\log\frac{1}{r}, \text{ ou } \frac{1}{r}, \text{ ou } r^2\log r, \text{ ou } r, \text{ suivant celui des problèmes précédemment énumérés auquel on a affaire}\right)$ indépendante du contour, et d'une partie régulière qui fournit seule la variation considérée.

---

(1) Le problème *hydrodynamique*, pour lequel les formules ont un aspect un peu différent, sera ici laissé de côté. Notons cependant que l'inégalité (2) y subsiste dès que $\alpha+\beta>0$.

(2) *Comptes rendus*, 9 février 1903 et Mémoire sur le *Problème d'Analyse relatif à l'équilibre des plaques élastiques encastrées*, Chap. I (*Mémoires des Savants étrangers*, 1908).

Dans ces conditions, si la déformation est telle que le nouveau contour enveloppe partout l'ancien sans lui être nulle part intérieur, cette variation δg_A^A relative à deux points confondus est donnée par une intégrale portant sur un carré, de sorte qu'elle est essentiellement positive, soit

$$\delta g_A^A > 0. \tag{1}$$

Mais on peut aller plus loin.

Dérivons maintenant g tant par rapport aux coordonnées x, y du point A que par rapport aux coordonnées x', y' du point B, en supposant que la dérivation soit la même de part et d'autre, c'est-à-dire considérons l'expression

$$\frac{\partial^{2\alpha+2\beta}}{\partial x^\alpha\,\partial y^\beta\,\partial x'^\alpha\,\partial y'^\beta} g_B^A.$$

Si nous calculons la variation de cette quantité pour une déformation du contour (telle que l'ancien contour soit entièrement intérieur au nouveau) et que nous confondions encore les points B avec A, la variation en question sera, elle aussi, exprimée par une somme de carrés et, par conséquent, *sera toujours positive*, soit

$$\left(\delta \frac{\partial^{2\alpha+2\beta} g}{\partial x^\alpha\,\partial y^\beta\,\partial x'^\alpha\,\partial y'^\beta}\right)_A^A > 0; \tag{2}$$

autrement dit, en passant de déformations infiniment petites à des déformations finies qui en sont la superposition, *la quantité*

$$\left(\frac{\partial^{2\alpha+2\beta} g}{\partial x^\alpha\,\partial y^\beta\,\partial x'^\alpha\,\partial y'^\beta}\right)_A^A \tag{2'}$$

est plus petite pour un contour enveloppé que pour un contour enveloppant, quels que soient les exposants de différentiation α, β.

Cessons maintenant de supposer A et B confondus, et prenons d'autre part une dérivée qui ne contienne pas de la même manière les coordonnées de A et celles de B; pour simplifier l'écriture, bornons-nous à celles qui ne comportent que des dérivations par rapport aux coordonnées de A. Nous ne serons plus renseignés sur le signe de la variation d'une telle dérivée; mais, par contre, nous aurons une limite supérieure de la variation absolue de cette variation par l'inégalité de M. Schwarz [1], savoir

$$\left|\delta \frac{\partial^{\alpha+\beta} g_B^A}{\partial x^\alpha\,\partial y^\beta}\right| < \sqrt{\left(\delta \frac{\partial^{2\alpha+2\beta} g}{\partial x^\alpha\,\partial y^\beta\,\partial x'^\alpha\,\partial y'^\beta}\right)_A^A \delta g_B^B}, \tag{3}$$

---

[1] *Voir* le Mémoire cité des *Savants étrangers*, p. 30.

et cette inégalité a encore lieu lorsqu'on substitue à une déformation infiniment petite une déformation finie, pourvu que l'un des contours soit complètement intérieur à l'autre.

A titre de vérification, on peut envisager une équation aux dérivées partielles du second ordre qui, pour certains contours particuliers C, admette des solutions fondamentales U (solutions nulles en tout point de C). Le contour envisagé étant pris voisin de C, g_B^A sera sensiblement de la forme $\rho U_A U_B$ (où ρ est un facteur numérique très grand), ce qui entraîne visiblement les inégalités (1) et (3).

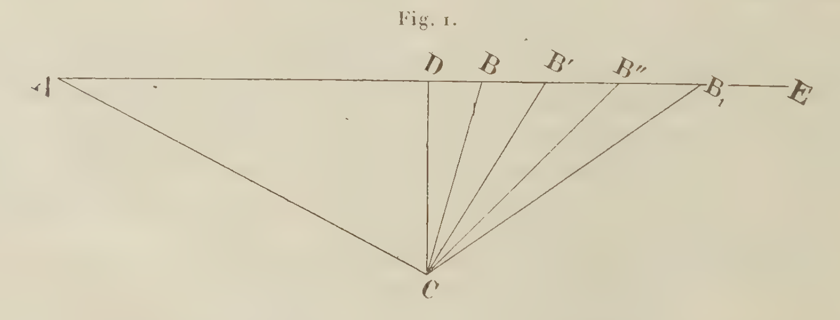
Dans le cas contraire, on peut par l'emploi de ces inégalités (en introduisant des contours auxiliaires suffisamment grands ou suffisamment petits), avoir des limites supérieures et inférieures des quantités telles que (2′) ou telles que $\frac{\partial^{\alpha+\beta} g}{\partial x^\alpha \partial y^\beta}$ (et non plus de leurs variations).

Ce dernier résultat peut s'obtenir, par des méthodes connues (théorème de Harnack), pour l'équation de Laplace : mais ces méthodes sont particulières à l'équation en question, tandis que les considérations qui précèdent s'appliquent à des équations aux dérivées partielles très générales.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur la façon de parcourir en aéronef un itinéraire rectiligne avec une dépense minima de travail total.* Note (1) de M. **Paul Renard**, présentée par M. H. Deslandres.

La *vitesse absolue* AB d'un aéronef (vitesse mesurée par rapport à la terre) est la résultante de la *vitesse du vent* AC et de la *vitesse propre* CB (vitesse de l'appareil en air calme).

Fig. 1.

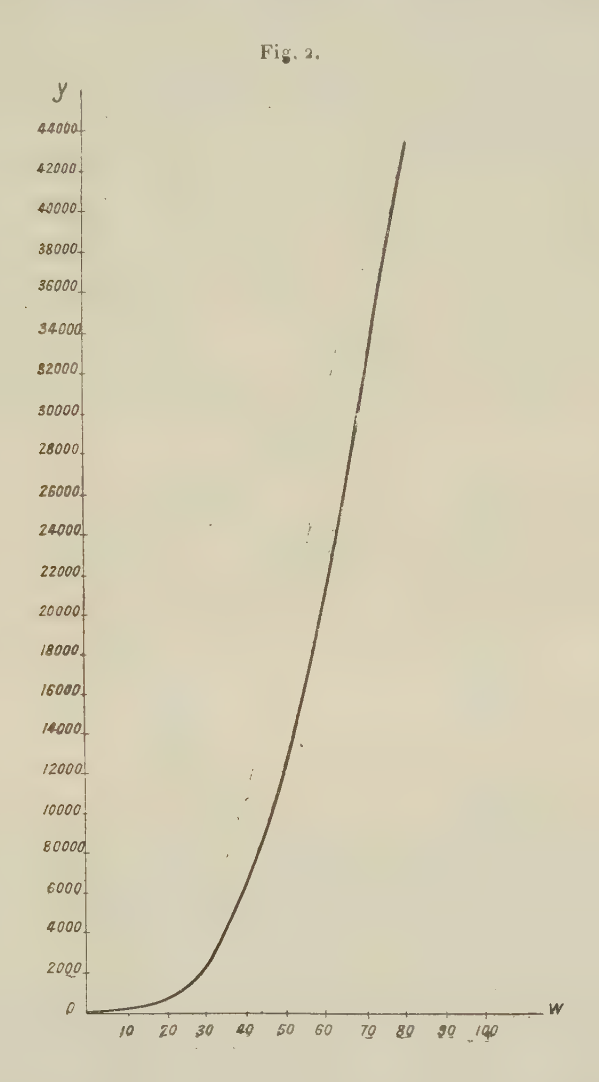


Si l'on abaisse du point C (*fig.* 1) une perpendiculaire CD sur la direc-

(1) Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

tion AB, j'appelle les longueurs AD *composante effective* de la vitesse du vent, et DB composante effective de la vitesse propre; j'appelle la longueur DC *composante déviatrice* de la vitesse du vent, et la longueur égale

Fig. 2.



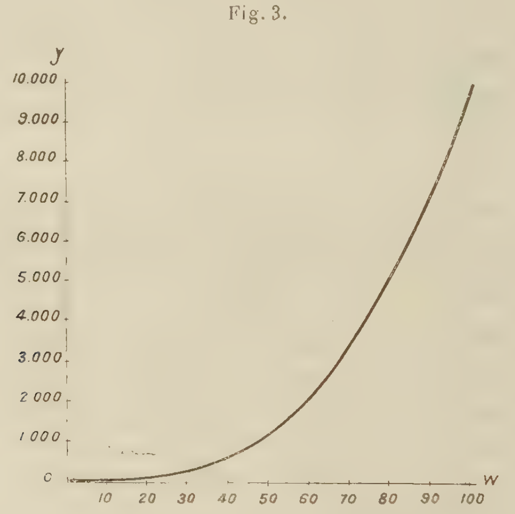
et de sens contraire CD *composante rectificatrice* de la vitesse propre; il est évident que la vitesse absolue est égale à la somme algébrique des deux composantes effectives.

Si CB_1 est la vitesse propre maxima que puisse prendre le navire aérien; si d'autre part on connaît la grandeur AC, vitesse du vent, et BAC l'angle de la direction du vent avec le chemin à parcourir, il sera possible à l'aéro-

nef de suivre la ligne droite AE avec des valeurs et des orientations différentes de la vitesse propre. Ces valeurs auront pour minimum et pour maximum CD égal en valeur absolue à la composante déviatrice du vent, et CB_1 maximum de la vitesse possible en air calme. Cette vitesse devra toujours être dirigée dans l'intérieur de l'angle DCB_1, sa valeur étant toujours égale à la distance du point C à l'intersection B de sa direction et de celle du chemin à parcourir.

Le travail par unité de temps est une fonction de la vitesse propre CB, cette fonction est variable pour chaque aéronef. Théoriquement, si l'on désigne par W la vitesse propre, le travail correspondant est, pour un aérostat dirigeable, égal à μW^3; pour un aéroplane, ce travail est donné par une expression de la forme $\frac{\lambda}{W} + \mu W^3$. Les figures 2 et 3 représentent la forme de la courbe du travail horaire pour les dirigeables et pour les aéroplanes.

Fig. 3.

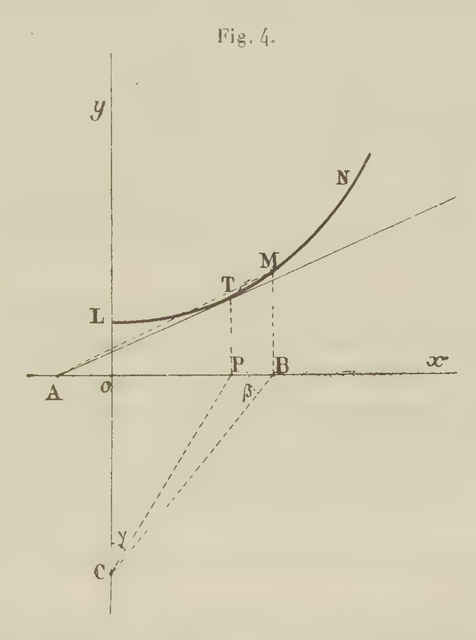


La dépense totale de travail est égale au produit de la dépense horaire par la durée du voyage. C'est ce produit qu'il s'agit de rendre minimum. Mais cette durée est elle-même égale au quotient du chemin total à parcourir par la vitesse absolue. Le chemin à parcourir étant une des données de la question, il s'agit de rendre minimum le quotient du travail horaire par la vitesse absolue. La solution analytique du problème peut être assez compliquée, mais on peut en donner une solution graphique, indiquée figure 4.

Traçons deux axes de coordonnées rectangulaires. Sur l'axe vertical, à partir du point O, portons une longueur OC égale à la composante déviatrice du vent; à partir du point C menons une oblique qui coupe en B l'axe

horizontal; supposons que la longueur CB représente en grandeur et en direction la vitesse propre. Par le point P élevons une ordonnée, sur laquelle nous portons une longueur BM égale au travail horaire correspondant à la vitesse propre CB. Le lieu des points M sera une certaine courbe LMN, facile à construire d'après les figures 2 ou 3. L'ordonnée MB est en effet égale à celle de la figure 2, par exemple, pour un point dont l'abscisse serait égale à la longueur oblique CB de la figure 4. Si sur l'axe horizontal,

Fig. 4.



à partir du point O et en sens inverse, nous portons une longueur OA égale à la composante effective du vent, comme OB est égale à la composante effective de la vitesse propre, la longueur AB sera égale à la vitesse absolue. Nous cherchons le minimum de $\frac{MB}{AB}$, pour l'obtenir; il suffira de mener du point A une tangente AT à la courbe LMN; si du point de contact T on abaisse une perpendiculaire TP, elle aura une longueur proportionnelle au travail horaire. En joignant CP, on aura en direction et en grandeur la vitesse propre correspondant au minimum de dépense cherché, et AP sera égal à la vitesse absolue correspondante.

On peut préparer d'avance des abaques sur lesquels seraient tracées des courbes correspondant, pour un aéronef donné, à différentes valeurs de la composante déviatrice. Avec un semblable abaque et un double-décimètre, on pourrait en quelques instants résoudre le problème.

ÉLECTRICITÉ. — *Une action à distance sur le cohéreur, produite par les contacts métalliques*. Note de M. **B. Szilard**, présentée par M. Lippmann.

I. J'ai réussi à augmenter considérablement la sensibilité *aux faibles étincelles* du cohéreur à limaille (Ag ou Ni) en le disposant de la manière suivante :

Le dispositif classique du cohéreur (composé d'un circuit comprenant le cohéreur et un relais sensible et d'un second circuit que le relais fermait et lequel faisait fonctionner le frappeur) est placé sur un support bien isolé, et le cohéreur est muni, à une de ses extrémités, d'une antenne d'une longueur de 1^m environ. Au lieu de mettre l'autre extrémité du cohéreur à terre, comme d'habitude, on la met en contact avec l'un des pôles du courant alternatif dont l'autre pôle est à terre.

Avec ce dispositif, on pouvait démontrer qu'en employant une simple tige métallique pour antenne d'émetteur sur laquelle jaillissait une faible étincelle, la distance maximum d'action était de 2^{mm} *lorsqu'on mettait le cohéreur à terre comme d'habitude, et que cette distance maximum s'élevait à* 1200^{mm} *lorsqu'on employait le montage au-dessus décrit* (1).

En remplaçant de nouveau le pôle du courant alternatif par une prise de terre, la distance maximum d'action retombe brusquement à la valeur de 5^{mm}, et peu à peu elle s'abaisse à sa valeur initiale.

La longueur de la tige servant d'antenne était de 1^m. L'étincelle, dont la longueur était de 1^{mm} à $1^{mm},5$, provenait d'une petite tige en ambre frottée. Comme distance maximum d'action, on a considéré une distance à laquelle l'action pouvait encore provoquer la cohération de la limaille dans une mesure telle, que le déplacement de l'aiguille du relais était suffisamment fort pour pouvoir fermer le second circuit. Pour obtenir les valeurs de distances maxima, on a fait vingt expériences, dont on a pris la valeur moyenne.

Comme courant alternatif on se servait de celui du secteur de la ville, à 110 volts et 42 périodes, ou bien du courant provenant d'un petit commutateur à fréquence variable.

On s'est assuré que l'augmentation de sensibilité du cohéreur ne devait rien au changement de capacité ou de self-induction du circuit du cohéreur et non plus à

(1) Fisch (*Journ. de Phys.*, 1904, p. 350) a déjà observé que la modification de la conductibilité produite par le courant alternatif est plus profonde à force électromotrice efficace égale à celle produite par le courant continu ; observation qui n'a rien de commun avec ce qui vient d'être décrit.

l'augmentation des nombres d'antennes, quoique cela pourrait résulter de la communication du circuit récepteur avec les fils de l'éclairage.

II. Ce dispositif est capable de déceler qu'il se produit une action quelconque à distance, lorsqu'on établit un contact entre une pièce métallique isolée et une autre pièce du même métal ou d'une autre espèce de métal.

On observe aisément ce phénomène en touchant avec un morceau de métal tenu en main à une tige métallique (servant en même temps d'antenne transmettrice) fixée sur un support en ébonite placée à une distance de 5^{cm}-150^{cm} de l'antenne réceptrice.

Je me suis assuré que cette action ne provient ni des vibrations sonores, ni de l'électricité de contact, ni des actions thermoélectriques, ni de la charge provenant de l'électricité atmosphérique et ni des impulsions du courant alternatif transmises à l'antenne émettrice par le corps de l'expérimentateur ou par un conducteur quelconque.

1° La distance maximum d'action a des valeurs les plus élevées lorsque la longueur de l'antenne réceptrice est à peu près identique à celle de l'antenne transmettrice isolée formée par la tige touchée, toutes choses égales d'ailleurs.

2° On trouve par tâtonnement des rapports favorables entre la capacité et self-induction de système de réception et celles de systèmes de transmission.

3° On obtient aussi un facteur favorable lorsque la capacité du système du métal effectuant le contact émetteur d'ondes est très grande par rapport à celle de l'antenne transmettrice.

4° Le contact, lorsqu'il est établi sur l'extrémité supérieure de l'antenne émettrice, est le plus actif.

5° La façon dont on établit le contact est de première importance; des contacts aussi fins et à surface aussi limitée que possible sont nécessaires; les contacts, très brusquement établis où les surfaces de contact sont écrasées et par conséquent grandes, restent sans *aucune* action. C'est ce qu'on peut démontrer au moyen d'une bille d'acier suspendue à un fil de cuivre très fin relié à terre et frappant fortement une masse d'acier (à surface bien polie) reliée à l'antenne émettrice et, enfin, rebondissant.

6° Mais, si au contraire ces mouvements deviennent très légers et vont s'amortissant : l'action à distance se produit. L'action se produit aussi lorsqu'on touche avec une lime d'acier à un fil métallique très fin soudé à l'antenne émettrice. On remarque que *les contacts très légers dits microphoniques* (*identiques à ceux des cohéreurs*) *agissent le mieux*.

7° La distance limite d'action est différente pour les métaux différents [1]. Le contact

---

[1] Ketterer a démontré (*Journal de Physique*, 1902, p. 589) que la nature des électrodes, entre lesquelles l'étincelle jaillit, influe considérablement sur l'action : phénomène qui peut avoir quelque analogie avec le fait ci-dessus exposé.

du fer avec le fer est plus actif que le contact laiton-laiton, et ce dernier est plus actif que le contact aluminium.

8° Je n'ai pas réussi à donner naissance aux ondes avec des corps conducteurs non métalliques (potasse, soude, acide sulfurique, sulfate de cuivre, oxyde de cuivre), pas plus qu'avec des diélectriques (verre, ébonite, ambre).

9° Des lames métalliques absorbent entièrement ces ondes; des lames de verre de la même épaisseur, beaucoup moins.

10° On peut également donner naissance aux ondes, au moyen d'une espèce d'induction : on introduit l'antenne émettrice dans un tube à faible diamètre entouré de quelques couches de fil fin isolé et ensuite on touche l'une des extrémités nues et libres de la bobine par une pièce métallique. A la même distance, cette bobine seule, sans antenne, reste sans action. On ne peut pas non plus avoir d'action en mettant l'une des extrémités de la bobine à terre et en touchant l'antenne, quoique cette dernière soit complètement isolée de la précédente.

Au lieu de la bobine, on peut employer aussi un tube en ébonite entouré d'un tube métallique; cependant ce dispositif est moins approprié aux expériences que le précédent.

En conclusion, nous pouvons établir que les métaux, lorsqu'on établit un contact entre eux, donnent naissance à une action à distance sur le cohéreur en présence du courant alternatif.

SPECTROSCOPIE. — *Prolongement des spectres de bandes des gaz carbonés dans le rouge extrême et l'infra-rouge.* Note de M. F. **Croze**, présentée par M. Lippmann.

Les différents spectres de bandes donnés par les gaz carbonés ont été distribués en trois groupes. Le premier, appelé spectre de Swan, a été attribué parfois aux hydrocarbures et plus généralement au carbone lui-même. Le second appartient aux composés oxygénés du carbone. Le troisième exige, pour se produire, la présence simultanée du carbone et de l'azote; c'est pourquoi on l'attribue généralement au cyanogène. Ces spectres dont la partie lumineuse a été observée au début même de l'analyse spectrale ont été explorés dans l'ultraviolet, par Liveing et Dewar, Deslandres, Eder et Valenta. J'ai pu photographier le prolongement de deux d'entre eux dans le rouge extrême et la première région infra-rouge. Je me contenterai dans cette Note de donner un bref résumé des résultats obtenus, réservant pour un Mémoire plus étendu la discussion des problèmes qui se posent au sujet de la production de ces spectres et un relevé plus précis des longueurs d'onde.

Le spectre de l'oxyde de carbone comprend, dans la région lumineuse, quatorze bandes dégradées vers les courtes longueurs d'onde et dont les têtes sont distribuées suivant la loi de Deslandres. Coblentz (1906) a montré que ce spectre se continue jusque vers 6^{μ} et présente des maxima d'ailleurs peu marqués entre $0^{\mu},7$ et 1^{μ}. En procédant comme je l'ai indiqué pour l'azote, j'ai pu retrouver plusieurs bandes de même structure que les bandes anciennes et dont les têtes correspondant aux longueurs d'onde

722,5, 747,2, 792,5, 836,8, 881

occupent très approximativement la place qui leur est dévolue d'après la loi de distribution.

On sait que le spectre attribué au cyanogène comprend deux groupes de bandes dont le premier, le plus connu, s'étend de λ 4607 jusque dans l'ultraviolet et a été retrouvé dans le spectre des comètes. Le second groupe moins réfrangible s'étendait, d'après le relevé de Thalen, entre λ 7102 et λ 5245. Il est composé dans cette région de 13 bandes dégradées vers les grandes longueurs d'onde et dont la distribution est très régulière.

Pour obtenir ce spectre je me suis servi d'un tube de Geissler contenant du cyanogène à la pression de 2^{mm} environ. Le gaz était d'ailleurs constamment renouvelé ; de cette façon j'ai pu éviter presque complètement la superposition aux bandes assez faibles du cyanogène des bandes de l'azote qui se produisaient très intenses dès que le cyanogène était décomposé par le passage du courant. En prolongeant les poses pendant 6 et 8 heures, j'ai pu photographier plusieurs bandes, dont les têtes correspondant aux longueurs d'onde

725,4 740,0 753,6 800,1 813,4

se rangent très facilement et avec une approximation suffisante suivant la même loi que les bandes anciennement connues. Plus loin, dans l'infra-rouge, le spectre se prolonge par une bande continue très faible où il m'a été jusqu'à présent impossible de distinguer une arête.

Le spectre de Swan comprend dans la région lumineuse cinq groupes de bandes distribuées régulièrement entre λ 6188,7 et λ 4365,01 et dégradées vers les courtes longueurs d'onde. Récemment (1908), Bergmann a, par une méthode phosphorographique, obtenu dans l'arc au charbon toute une série de bandes comprises entre λ $640^{\mu\mu}$ et λ $1^{\mu},400$, dont la structure rappelle celle des bandes de Swan mais qui sont dégradées vers les grandes longueurs d'onde. Je les ai obtenues également dans l'air et dans les tubes à vide.

SPECTROSCOPIE. — *Sur quelques propriétés électriques et spectroscopiques de l'arc entre métaux.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson**, présentée par M. Lippmann.

Au cours d'études spectroscopiques entreprises depuis plusieurs années, nous avons employé, d'une façon constante, l'arc entre tiges de fer. A propos de ces expériences, nous avons fait à son sujet un certain nombre d'observations, dont quelques-unes ont déjà été l'objet de publications. Nous nous proposons de décrire quelques faits nouveaux, susceptibles d'étendre nos connaissances sur la théorie de l'arc.

Rappelons que l'arc entre électrodes métalliques émet non seulement les raies connues sous le nom de *raies d'arc*, émises par la région centrale, mais encore les *raies d'étincelle,* localisées sur deux petits points, aux extrémités des électrodes, qui servent en quelque sorte de racines aux deux flammes de l'arc. D'autre part, l'arc entre tiges de fer peut exister sous deux régimes. Dans l'un (premier régime), qui, à la pression atmosphérique, est le plus ordinaire et se produit toutes les fois que le courant dépasse 2 ou 3 ampères, les raies d'étincelle sont présentes aux deux pôles. Dans l'autre (second régime), les raies d'étincelle disparaissent au pôle positif; la différence de potentiel entre les électrodes est, dans ce cas, plus élevée, d'environ une dizaine de volts. Le changement d'aspect porte uniquement sur l'anode; le rôle fondamental de la cathode dans le phénomène d'arc s'affirme par l'invariabilité de son aspect dans les deux régimes.

Un examen plus attentif du spectre émis par la région immédiatement voisine de l'anode nous a montré que la disparition du spectre d'étincelle du fer est accompagnée de l'apparition du spectre de bandes de l'azote. Il y a passage brusque de l'un à l'autre régime, l'un des spectres se substituant instantanément et sans mélange à l'autre, à l'instant précis où le voltmètre indique le changement de régime. Les différents groupes de bandes sont émis diversement. Le plus important est le deuxième groupe, qui forme une série de bandes dans le violet et l'ultraviolet. Ces bandes ne sont émises que par une très petite tache placée sur la goutte de fer fondu de l'anode, là où étaient émises les raies d'étincelle. L'épaisseur de cette couche d'émission n'atteint pas $0^{mm},1$. Le troisième groupe, attribué non à l'azote, mais à un de ses oxydes, et formé de bandes dans la région 2400, est émis par des sortes de flammes qui partent de l'anode et s'étendent dans presque toute la longueur de l'arc. La bande de la vapeur d'eau (3062) apparaît en même temps avec un aspect analogue.

Nous avons étudié ces phénomènes à des pressions inférieures à la pression atmosphérique, jusqu'à 1^{mm} environ. La production de l'arc sous faible pression entre métaux peu volatils présente quelques difficultés; on obtient un régime bien stable à la condition qu'une goutte d'oxyde existe sur l'électrode négative.

Dans l'air sous pression réduite, on retrouve les deux régimes, mais le second s'obtient de plus en plus facilement, à mesure que la pression s'abaisse. On observe les mêmes particularités spectroscopiques qu'à l'air libre. La région voisine de l'anode qui, dans le deuxième régime, émet le second groupe de bandes de l'azote devient de plus en plus étendue. Sous faible pression, cette région d'émission prend des aspects remarquables. A la pression de 1^{mm}, elle forme sur l'anode une sphère lumineuse, régulière et à contour net, dont le diamètre atteint 2^{mm} à 3^{mm}. Lorsque la pression augmente quelque peu, le diamètre de cette boule diminue, puis elle se divise en plusieurs autres, de plus en plus nombreuses et de plus en plus petites, qui se répartissent régulièrement en quinconces sur la surface de l'anode. Le phénomène peut se continuer ainsi jusqu'à des pressions de plusieurs centimètres, donnant alors une cinquantaine de petites boules parfaitement nettes et régulières, symétriquement disposées sur l'anode. Ces diverses boules semblent exercer de fortes actions répulsives les unes sur les autres; si l'une vient à disparaître, l'ensemble éprouve un déplacement d'équilibre et se groupe d'une nouvelle manière. On est presque inévitablement conduit à cette idée que chacune de ces sphères possède une charge électrique, à laquelle sont dues leurs actions réciproques.

On peut, d'ailleurs, avoir un autre aspect des régions qui émettent le spectre de l'azote : partant de la sphère lumineuse unique (pression de 1^{mm} par exemple), si l'on écarte les électrodes, il arrive généralement un moment où la sphère lumineuse semble se briser et est remplacée par une couche lumineuse uniforme sur l'anode, comme si son contenu s'était subitement répandu. La gaine ainsi formée a un contour flou, et se mélange à la lumière verdâtre voisine, qui émet le spectre d'arc du fer. Ses dimensions, tant en largeur qu'en épaisseur, diminuent lorsque la pression s'élève, pour arriver, sous la pression atmosphérique, à la tache extrêmement petite dont on a parlé plus haut.

Les mêmes particularités s'observent avec d'autres métaux que le fer (nickel, cuivre, laiton).

Le second groupe de bandes de l'azote émis par l'arc, soit à la pression atmosphérique soit sous pression réduite, diffère par plusieurs points du spectre émis par les tubes à azote raréfié rendus lumineux par la décharge d'une bobine.

Prenons comme exemple la région 3330. On y trouve les têtes de bandes 3371, 3338, 3309, 3282, 3267. Dans le spectre du tube, la première est la plus intense, mais les autres sont encore bien visibles. Dans le spectre d'arc, quelle que soit la pression,

les raies qui partent de la première tête sont tellement prédominantes, que les autres sont à peine visibles. Une différence encore plus frappante entre les deux spectres consiste en ce que la décroissance d'intensité des raies partant de la première tête est beaucoup moins rapide dans le spectre de l'arc que dans celui du tube. Dans le cas de l'arc, cette suite de raies traverse le groupe entier des cinq bandes, et l'on peut, dans chacune des séries qui compose la bande, compter environ 70 raies.

Enfin, les intensités relatives des diverses séries partant d'une même tête sont très différentes dans les deux cas. Certaines séries qui, dans le cas du tube, sont très faibles et à peine mesurables, sont très intenses dans le spectre de l'arc.

Les différences entre les deux spectres ne sont pas dues à la variation de pression : les deux spectres de l'arc, l'un à la pression atmosphérique, l'autre sous une pression de quelques millimètres, paraissent absolument identiques; c'est donc à la différence dans les conditions électriques qu'il faut attribuer la variation du spectre entre l'arc et le tube.

Remarquons, en terminant, que l'arc électrique se distingue des autres sous forme de décharges par le rôle particulier de la cathode, qui, grâce à sa température élevée, est le siège d'une abondante émission de charges électriques négatives. Ce qui précède montre cependant que, dans la région anodique, se produisent aussi des phénomènes particuliers. Il est probable qu'au voisinage de l'anode sont engendrés des ions positifs dont le bombardement maintient la température élevée de la cathode. A cette particularité de l'état électrique de cette région correspond une émission spéciale : raies d'étincelles ou bandes de l'azote suivant que l'ionisation a lieu aux dépens de la vapeur métallique ou du gaz ambiant.

OPTIQUE. — *Interféromètre à faisceaux lumineux superposés inverses donnant en lumière blanche polarisée une frange centrale étroite à teinte sensible et des franges colorées étroites à intervalles blancs.* Note (¹) de M. G. SAGNAC, présentée par M. G. Lippmann.

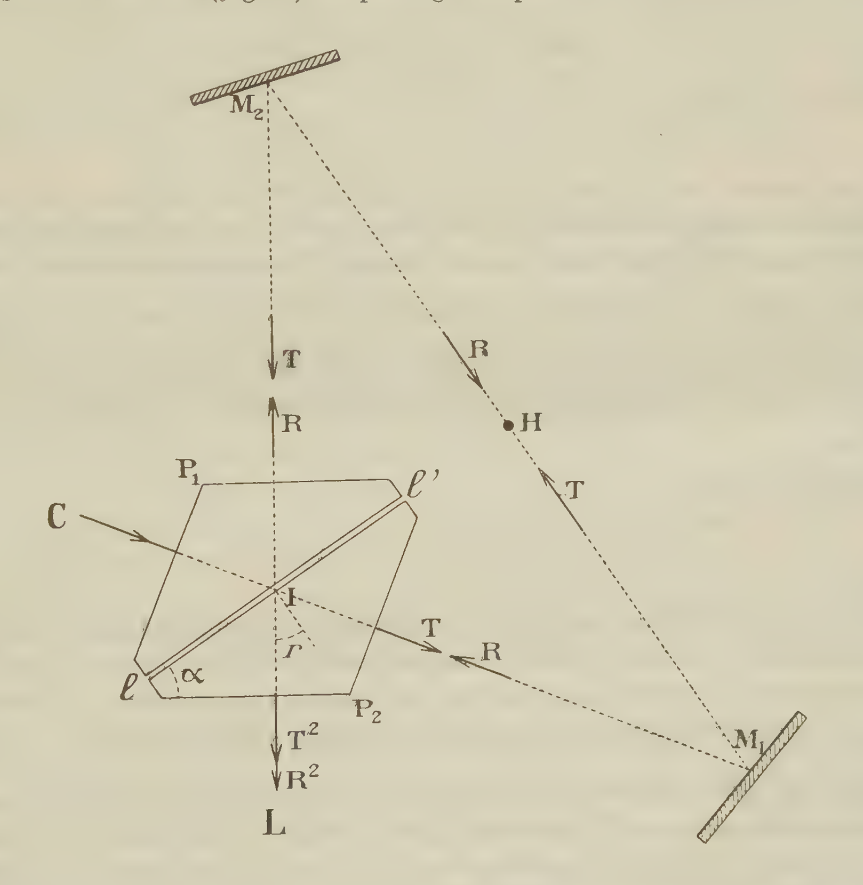
J'ai combiné il y a 2 ans et éprouvé au cours de longues observations une nouvelle méthode interférentielle capable de manifester une très petite différence relative entre les vitesses de propagation de deux systèmes d'ondes lumineuses de parcours inverses.

I. *Dispositif.* — Deux prismes triangulaires isoscèles P_1, P_2 (*fig.* 1), taillés dans le même verre ($n = 1,514$ pour la radiation $\lambda_s = 0^\mu,56$) avec

(¹) Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

des angles α identiques à quelques secondes près, sont rapprochés par leurs faces l, l' et orientés parallèlement de manière à former un prisme rhombe.

La lame d'air ll' comprise entre les faces parallèles adjacentes de verre *nu* des deux prismes P_1, P_2, joue, avec avantage, le rôle de l'argenture transparente du dispositif que j'ai antérieurement étudié (p. 1302 de ce Volume); au sortir du collimateur C, la lumière se divise sur la lame d'air en vibrations transmises (amplitude relative T) et vibrations réfléchies (amplitude R) qui se propagent en sens inverses le long d'un même circuit triangulaire IM_1M_2 (*fig.* 1) ou pentagonal plan.



La lunette L reçoit à la fois les vibrations T une seconde fois transmises par la lame d'air (amplitude T^2) et les vibrations R une seconde fois réfléchies par la même lame (amplitude R^2).

Un polariseur (non représenté sur la figure) définit une vibration de Fresnel perpendiculaire au plan du circuit.

II. *Propriétés générales.* — Réglé par la méthode déjà décrite, ce nouveau dispositif permet d'obtenir des franges, localisées ou non localisées (*loc. cit*).

Pour chaque radiation simple λ, les formules classiques d'Airy définissent les *intensités* relatives T^2 et R^2 des deux faisceaux inverses du circuit IM_1M_2; ce sont les *amplitudes* des vibrations interférentes.

Quand la vitesse ne dépend pas du sens de la propagation, le centre d'interférence correspond *rigoureusement* à la différence de marche nulle. Les vibrations interférentes ont en ce centre des phases *rigoureusement* opposées; l'amplitude d'une radiation λ quelconque y présente la valeur

$$L_0 = T^2 - R^2 = \frac{1 - \rho^2 \sin^2 u}{1 + \rho^2 \sin^2 u},$$

obtenue en posant

$$\rho = \frac{2a}{1 - a^2}, \qquad u = \frac{2\pi e \cos i}{\lambda},$$

e désigne l'épaisseur normale de la lame d'air; i est l'incidence intérieure sur les faces de cette lame; r est l'angle d'incidence extérieure sur la lame ll' (*fig.* 1); a désigne le coefficient de réflexion vitreuse $\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$.

En un point du champ d'interférence où la différence de marche des deux faisceaux est δ, l'intensité d'une radiation quelconque λ a la valeur

$$L^2 = N^2 + B^2,$$

obtenue en posant

$$N = \sin \pi \frac{\delta}{\lambda} \qquad \text{et} \qquad B = L_0 \cos \pi \frac{\delta}{\lambda}.$$

L'intensité N^2 définit un phénomène à centre *noir* qui devient pur quand L_0 disparaît, c'est-à-dire quand la valeur de $(\rho \sin u)$ est égale à l'unité. Si cette condition est réalisée pour une radiation jaune verdâtre, les interférences en lumière blanche présentent des teintes sensibles pures.

III. *Conditions particulières réalisées.* — En même temps que la condition précédente, pour la radiation jaune verdâtre ($\lambda_s = 0^\mu,56$) j'ai réalisé les amplitudes T^2 et R^2 respectivement minimum et maximum. Les valeurs de ρ et $(\sin u)$ sont alors égales à 1.

Pour cela, je règle l'épaisseur de la lame d'air ll' de manière que le faisceau R du circuit présente, en lumière blanche, la teinte d'ordre K qui correspond au maximum de la radiation λ_s (teinte presque blanche pour $K = 2$, jaune verdâtre pour $K = 3$).

Maintenant la condition de pureté des teintes sensibles s'écrit

$$a_s = \sqrt{2} - 1 \qquad \text{ou} \qquad r_n = 34^\circ 26'.$$

J'ai réalisé cette valeur de r en donnant aux quatre angles α du double prisme $P_1 P_2$ une valeur un peu différente de r_n et en faisant tomber la lumière du collimateur sur une face latérale $l P_1$ du double prisme sous une petite incidence voisine de $n(r - \alpha)$, égale à $5'$ environ.

IV. *Propriétés des franges observées. — En lumière monochromatique*, les franges sont noires et à centre noir pour le jaune verdâtre, sombres sans être rigoureusement noires pour le rouge et le violet; leurs milieux correspondent toujours *exactement* aux différences de marche $0, \lambda, 2\lambda, \ldots, m\lambda$, grâce aux propriétés rigoureuses de la réflexion purement vitreuse.

J'emploie ordinairement l'appareil en *lumière blanche* (filament de Nernst). J'observe alors des franges colorées et une frange centrale à teinte sensible, séparées les unes des autres par des *intervalles presque entièrement blancs*, larges d'environ les $\frac{5}{6}$ de l'interfrange à droite et à gauche de la frange centrale, des $\frac{2}{3}$ de l'interfrange en dehors de la première frange colorée (observations faites pour un ordre K d'interférence dans la lame d'air, égal à 3). Ces bandes blanches résultent de l'influence de l'intensité B^2 qui, nulle pour le jaune verdâtre, prend de l'importance dans le rouge et le violet et superpose alors à la teinte verte ou jaune de Newton que donneraient seules les intensités N^2, une couleur sensiblement complémentaire.

La frange centrale étroite est particulièrement propre aux pointés.

Les liserés de teinte sensible sombre et pure qui occupent le milieu des franges latérales d'ordre un sont encore d'un pointé assez précis et j'ai pu mesurer leur intervalle à $\frac{1}{1000}$ près dans le cas de circuits de 30^m de longueur.

PHYSIQUE. — *Sur une méthode de mesure d'un champ magnétique en grandeur, direction et sens.* Note [1] de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. E. Guyou.

Considérons deux aimants mobiles autour d'un axe vertical passant par leurs milieux, placés dans un champ magnétique uniforme. Si leurs moments magnétiques sont égaux, la direction du champ bissecte l'angle des

---

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

axes magnétiques, par raison de symétrie. L'angle α que chacun des axes forme avec la direction du champ est alors donné par la formule

$$(1) \qquad \frac{H}{M} 8 l^3 = \cos\alpha \left[\frac{1}{\left(\frac{h^2}{4l^2} + \sin^2\alpha\right)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{\left(\frac{h^2}{4l^2} + \cos^2\alpha\right)^{\frac{3}{2}}} \right],$$

dans laquelle H représente l'intensité du champ, M le moment magnétique commun aux deux aimants, $2l$ leur distance polaire et h leur distance verticale. On obtient aisément cette équation, par exemple en exprimant que l'énergie potentielle de l'ensemble est minima pour l'angle α correspondant à l'équilibre. Cette formule correspond à des dispositifs pratiquement intéressants quand $\frac{h}{2l}$ est suffisamment petit et quand $\frac{h}{2l}$ est suffisamment grand.

Fig. 1.

Le calcul numérique de la fonction $\varphi(\alpha)$ qui figure au deuxième membre, effectué pour différentes valeurs du quotient $\frac{h}{2l}$, montre que :

1° Pour les petites valeurs de $\frac{h^2}{4l^2}$ (de 10^{-3} à 10^{-1} par exemple), la courbe $y = \varphi(\alpha)$ présente au voisinage de $\alpha = 50°$ un minimum très étalé;

2° Pour les valeurs de $\frac{h^2}{4l^2}$ suffisamment grandes (supérieures à 4 par exemple), la courbe $y = \varphi(\alpha)$ se rapproche très vite, quand $\frac{h^2}{4l^2}$ augmente, d'une courbe sinusoïdale $y = A \cos\alpha$.

La figure 1 reproduit, à des échelles variées, les différentes courbes obtenues pour $\frac{h^2}{4l^2} = 0$, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1 et 4. Examinons séparément les deux cas précédents.

Premier cas. — *Appareil de variations.* — L'ordonnée y de la courbe $y = \varphi(\alpha)$ est proportionnelle à H; on a

$$y = \frac{H}{M} 8 l^3,$$

A cause du palier horizontal présenté par la courbe $y = \varphi(\alpha)$ quand $\frac{h^2}{4l^2}$ est suffisamment petit, une petite variation de H correspond à une grande variation de α au voisinage de $\alpha = 50°$. On peut aisément réaliser un appareil à miroirs avec lequel 1^{mm} de l'échelle placée à 2^m correspond à une variation relative de champ égale à 2.10^{-5}, le champ étant de l'ordre du champ terrestre. De plus, les indications de l'appareil, expérimenté avec plein succès sous une forme sommaire, sont très rapides grâce à la légèreté des équipages.

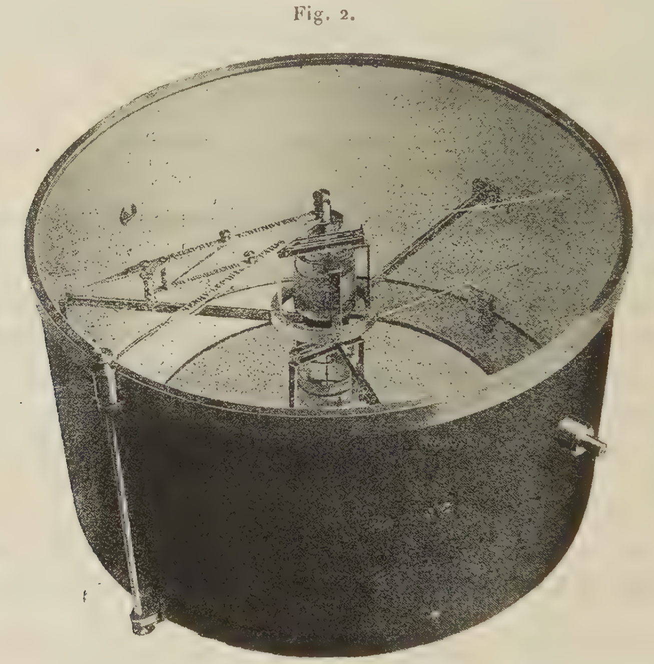
Deuxième cas. — *Dygographe.* — Les écarts relatifs du coefficient de proportionnalité A à sa valeur moyenne de 0° à 90° sont moindres que 0,12 pour $\frac{h}{2l} = 1$; 0,013 pour $\frac{h}{2l} = 2$; 0,003 pour $\frac{h}{2l} = 3$; 0,001 pour $\frac{h}{2l} = 4$. Le dygographe, construit pour l'usage maritime, et destiné à tracer des dygogrammes, est construit de manière que $\frac{h}{2l}$ soit voisin de 2 (1).

La figure 2 montre l'ensemble de l'appareil. On fixe sur le couvercle une feuille de papier ronde que dépassent les pointes de deux alidades formant deux côtés d'un losange articulé dont un sommet est au centre. On peut amener chaque alidade au-dessus d'une aiguille de verre solidaire d'un équipage et parallèle à son axe magnétique; une glace placée au fond de la

(1) Je crois devoir signaler que le dispositif, consistant en deux équipages magnétiques superposés et assez éloignés l'un de l'autre, a déjà été utilisé dans quelques appareils, fort différents d'ailleurs du dygographe (voir Bidlingmaier, *Deutsche Südpolar Expedition* 1901-1903, t. V, fasc. 1).

boîte permet de faire cette visée sans parallaxe. Le sommet du losange articulé opposé au centre porte un petit crayon inscripteur qui marque un point sur la feuille de papier. Le vecteur ayant pour origine le centre et pour extrémité ce point est évidemment équipollent au champ magnétique. En faisant faire au navire un tour d'horizon d'un mouvement continu, on trace ainsi un dygogramme elliptique, grâce auquel il est ensuite très rapide et simple soit d'effectuer la compensation, soit de calculer le tableau des déviations.

Fig. 2.



Bien que les moments magnétiques des équipages soient faibles, leur position d'équilibre est assurée avec précision par l'artifice suivant. Les équipages sont solidaires de petits flotteurs en verre, munis d'une chape, qui plongent dans du mercure. La poussée hydrostatique réduit la pression de la chape sur le pivot, immergé dans le mercure, à 1^g ou 2^g. La sensibilité d'un tel pivotage peut être rendue comparable à celle d'un fil de suspension [1].

L'appareil a déjà permis de relever un grand nombre de dygogrammes sur plusieurs navires.

---

[1] L'appareil a été construit avec beaucoup de diligence et de soin par la Société des établissements Henry-Lepaute.

PHYSIQUE. — *Sur la formation des dépôts cathodiques.* Note de M. L. **Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai montré, dans une Communication antérieure (¹), que les éléments des projections cathodiques présentaient de grandes analogies avec les granules négatifs des métaux colloïdaux; en se plaçant à ce point de vue, on peut assimiler la métallisation des lames à la coagulation des colloïdes.

On sait que le dépôt cathodique peut se faire en toute région de la cloche à vide, sauf au voisinage immédiat de la cathode; les parois qui peuvent se métalliser sont donc celles qui possèdent une charge positive, permettant la neutralisation électrique des granules cathodiques. L'expérience suivante montre plus nettement encore la nécessité de cette condition :

Deux petites lames d'aluminium, supportées par des tiges métalliques isolées, sont placées, aussi symétriquement que possible, en face d'un disque argenté qui forme cathode; l'anode est reliée au sol, et l'on maintient une différence de potentiel entre les deux lames d'aluminium pendant la durée de l'opération ionoplastique. Dans ces conditions, on observe régulièrement que le dépôt cathodique s'effectue exclusivement sur la lame positive; son épaisseur est maximum aux points où la densité électrique positive est plus forte. L'expérience a été faite en permutant le sens des différences de potentiel, de façon à éliminer les défauts de symétrie; elle a donné des résultats parfaitement nets, les deux lames étant reliées : 1° à la cathode et à l'anode de la bobine d'induction; 2° aux deux bornes d'une canalisation de courant continue à 220 volts, dont le milieu est au sol; 3° aux deux bornes d'une canalisation de courant continu à 110 volts, dont le négatif est au sol.

Les rayons cathodiques, qui transportent des charges négatives, doivent s'opposer à la formation des dépôts dans la région qu'ils traversent; on sait, en effet, qu'il ne se produit pas de dépôt dans l'espace sombre, intérieur à l'auréole négative, où ces rayons se propagent librement. J'ai déjà indiqué antérieurement (²) que, si l'on canalise les rayons cathodiques émanés de la cathode projetante et si on les rejette sur le côté par un aimant, le dépôt est moins abondant aux points d'aboutissement de ces rayons; mais voici une autre vérification plus directe :

Une cloche à projections cathodiques porte latéralement un tube long et étroit, incliné à 45° sur son axe et muni d'une cathode terminale, d'une anode latérale et d'un diaphragme; ce dispositif permet d'envoyer sur le disque de verre, où se fait le dépôt,

(¹) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1237.
(²) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1320.

un pinceau bien défini de rayons cathodiques produits par une source indépendante.

Le vide étant réalisé, on produit le pinceau cathodique, qu'on dirige avec un aimant de façon à obtenir une tache fluorescente au centre du disque; puis on procède, avec lenteur, pour ne pas trop diminuer le vide, aux projections cathodiques; la cathode projetante est recouverte de bismuth, métal qui se dépose avec une grande rapidité. Dans ces conditions, on obtient, au bout de 10 à 15 minutes, un dépôt très apparent, sauf au centre du disque. L'expérience a été réalisée en produisant les rayons cathodiques, soit avec une petite bobine indépendante de la grosse bobine qui sert aux projections, soit avec une machine de Holtz à quatre plateaux.

Cette expérience donne lieu à une remarque importante : le champ magnétique de la grosse bobine produit, à chaque interruption, une oscillation du pinceau cathodique et l'on constate que la région non métallisée forme une tache oblongue, ou plutôt deux taches voisines correspondant aux points d'arrivée des rayons. L'existence d'une tache au point d'aboutissement des rayons déviés montre que le dépôt de bismuth a refusé de s'effectuer en ce point, où les rayons cathodiques n'existent pas au moment de la projection : ces rayons ne peuvent donc agir qu'en supprimant les charges positives à leur point d'arrivée sur le disque de verre. Toutes les autres particularités des rayons cathodiques, entre autres celles qui ont été signalées par Longden et par M. Maurain, peuvent s'expliquer aussi aisément du point de vue que j'ai indiqué; l'analogie entre les granules et les éléments des projections cathodiques se trouve ainsi confirmée.

PHYSIQUE. — *Sur quelques particularités de l'arc au mercure dans le vide.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. P. Villard.

1° *Répartition de la chute de potentiel dans l'arc.* — L'arc employé dans ces recherches jaillit dans un ballon auquel sont soudés deux tubes contenant le mercure qui forme les électrodes; deux fils de platine C et D y pénètrent au voisinage des surfaces de l'anode A et de la cathode B; à l'aide d'un électromètre Kelvin-Mascart, on détermine les différences de potentiel (A, C), (C, D), (D, B), (A, B); pour un courant de 3 à 4 ampères on trouve en moyenne :

$$(A, C) = 10^{\text{volts}}, \qquad (C, D) = 11^{\text{volts}}, \qquad (D, B) = 1^{\text{volt}}, \qquad (A, B) = 22^{\text{volts}},$$

la longueur de l'arc entre les fils C et D étant environ 8^{cm}.

D'autres mesures effectuées en plaçant simplement un fil de platine P à

mi-distance entre l'anode A et la cathode B ont donné les résultats suivants pour un courant de 3,1 ampères :

Pression.	(A, B).	(A, P).	(P, B).	(A, P)-(P, B).
mm	volts	volts	volts	volts
0,008.........	25	16	9	7
0,015.........	25,3	16,3	9	7,3
0,128.........	30,0	19	11	8
4,0..........	40,3	26	14,3	11,7
5,5..........	48	31	17	14

en observant que la pression indiquée, mesurée à la jauge ou au manomètre, est certainement plus faible que celle qui existe dans l'arc.

De ces chiffres on déduit l'existence bien nette d'une chute de potentiel à l'anode, dont la valeur croît avec la pression; le long de l'arc lui-même existe une variation de potentiel de $\frac{11 \text{ volts}}{8} = 1,37$ v : cm, la chute cathodique étant très faible, si elle existe.

D'autres expériences, faites sur un arc à tube dont on pouvait faire varier la longueur en inclinant le tube, ont donné une variation de potentiel le long de l'arc de 1,2 v : cm, les conditions de fonctionnement étant d'ailleurs différentes de celles qui ont été étudiées plus haut.

Antérieurement, MM. Lecher et Luggui ont étudié la différence de potentiel P aux bornes de l'arc au mercure dans le vide, en fonction de la longueur L. De leurs mesures on déduit

$$P \text{ volts} = 14,2 + 0,69\,L,$$

formule qui, eu égard aux circonstances différentes de la production de l'arc dans leurs expériences et dans les miennes, n'est pas en désaccord avec les nombres ci-dessus.

Je rappellerai enfin que M. Marsh vient de mettre en évidence l'existence d'une chute anodique dans les tubes de Geissler.

2° *Existence d'une surpression à l'anode.* — Si l'on mesure la pression sur l'anode, à l'aide d'un tube soudé en bas de celle-ci et aboutissant par sa partie supérieure dans la chambre de condensation de l'arc, on constate une surpression variable avec la densité de courant, qui tient bien au phénomène électrique, car les variations de pression suivent instantanément celles du courant; le ménisque à l'anode étant aplati, elle ne peut tenir à un effet capillaire dont l'action serait inverse, une diminution de la constante capillaire correspondant à l'aplatissement du ménisque aurait pour résultat de

relever le niveau de l'anode. J'ai trouvé, pour cette surpression, les valeurs suivantes :

Section de l'anode...	$0^{cm^2},48$		$0^{cm^2},58$		$1^{cm^2},28$	
	Courant.	Surpression.	Courant.	Surpression.	Courant.	Surpression.
	amp	mm	amp	mm	amp	mm
	» ...	»	2,0...	1,13	» ...	»
	2,5...	1,75	2,5...	1,49	2,5...	0,89
	3,0...	2,40	3,0...	2,06	3,0...	1,16
	» ...	»	3,5...	2,17	» ...	»
	4,0...	3,10	4,0...	2,24	4,0...	1,80

A la cathode, je n'ai pas observé de surpression stable; la surface de celle-ci est continuellement agitée et les observations sont rendues de ce fait extrêmement difficiles.

3° *Relation entre la surpression et la chute anodique.* — Il est naturel de chercher à relier la surpression à la chute anodique; si l'on admet que les supports des charges positives émanées de l'anode sont des atomes de mercure ayant perdu un électron, analogues pour le mercure aux corpuscules α de l'hélium, on est amené aux considérations suivantes :

Sous l'action d'une différence de potentiel de 10 volts, ces porteurs de charges électriques prennent une vitesse qu'il est facile de calculer; en supposant qu'il s'agisse de mercurosum, la masse m de l'un d'eux est $1,61.10^{-24} \times 200 = 3,2.10^{-22}$; la charge q qu'il transporte est $1,55.10^{-20}$ U.E.M.; le travail de la force électrique lors d'une chute de potentiel P est Pq et, si aucun autre phénomène ne se produit, la force vive acquise est égale à ce travail

$$\frac{1}{2}mv^2 = Pq;$$

si $P = 10$ volts $= 10^9$ U.E.M., on a

$$Pq = 1,55.10^{-11}, \qquad v = 3,1.10^5 \text{ cm-sec},$$

soit 3,1 km-sec.

Si l'on admet que la chute de potentiel est partiellement employée à séparer un électron d'un atome qui devient ainsi positif, la vitesse calculée serait égale à $2,9.10^5$ cm-sec.

D'autre part, l'anode doit subir une pression, tout comme une fusée d'artifice, et la quantité totale de mouvement fournie par seconde doit être égale à la force moyenne; le courant étant, par exemple, 4 ampères, c'est-à-dire transportant 0,4 U.E.M. par seconde, le nombre des porteurs lancés par seconde est $N = 0,258.10^{20}$, et la quantité de mouvement fournie, égale à la force sur l'anode, est, pour une vitesse de $3,1.10^5$,

$$NmV = 0,258.10^{20} \times 3,2.10^{-22} \times 3,1.10^5 = 2,6.10^3.$$

Si l'anode a $1^{cm^2},28$ de section, ceci correspond à $1^{mm},5$ de mercure. On ne peut pas ne pas être frappé du fait que ce nombre est voisin de $1^{mm},8$, surpression trouvée expérimentalement pour le tube de $1^{cm^2},28$ et le courant de 4 ampères. La mesure de la chute anodique a d'ailleurs été faite sur un tube de $1^{cm^2},13$ de section.

La chute anodique paraît donc en connexion intime avec la surpression, les porteurs électriques seraient lancés dans l'arc avec une vitesse voisine de 3^{km} à la seconde. Ces porteurs seraient distincts de la masse des centres lumineux, ainsi que le faisait pressentir l'action de la vapeur d'eau sur l'arc, indiquée dans ma Note du 6 juin; rencontrant dans la région de la décharge les atomes mercuriels, ils les rendraient lumineux en les ionisant vraisemblablement, suivant les idées de Campbell et leur communiqueraient en tout cas la vitesse révélée expérimentalement par les mesures spectroscopiques. L'action de la chute de potentiel le long de l'arc serait alors d'entretenir le mouvement de ces porteurs dont la vitesse moyenne doit peu varier, l'arc aux points de vue spectroscopique et électrique paraissant identique à lui-même sur toute sa longueur.

Je me propose de tenter des expériences analogues sur l'arc à anode de fer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Températures de cristallisation des mélanges binaires.* Note de MM. **E. Baud** et **L. Gay**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [1], l'un de nous a montré que la congélation d'un mélange de liquides normaux obéit approximativement à la loi de Raoult :

$$\Delta t = k \frac{p}{M},$$

même pour des solutions concentrées, à condition d'adopter, pour valeur de p, le poids de corps dissous dans un volume constant de solution (100^{cm^3}) mesuré à la température de cristallisation.

Cette règle est purement expérimentale.

Nous avons donc cherché à établir une relation moins empirique entre l'abaissement du point de congélation et la composition des mélanges binaires et s'appliquant à toutes les concentrations.

On sait qu'un liquide pur A cristallise quand sa tension de vapeur l est

---

[1] E. Baud, *Comptes rendus*, 28 février 1910.

égale à la tension s des cristaux, c'est-à-dire que la température de congélation T_1 est déterminée par le point de rencontre de la courbe de tension de vapeur du liquide et de la courbe de tension de vapeur des cristaux.

Ces courbes nous sont données par l'équation de Clapeyron.

Si nous dissolvons, dans le liquide A, un autre corps B, la tension de vapeur partielle l' due à A est abaissée et le point de rencontre de la nouvelle courbe de tension avec celle correspondant aux cristaux détermine le nouveau point de congélation T_2, en supposant que ce soit A seul qui cristallise.

Or, Linebarger ([1]), Zawidzki ([2]), Dolezalek ([3]) ont montré que, dans le cas d'un mélange de liquides normaux, ne réagissant pas l'un sur l'autre, la tension de vapeur partielle de l'un des liquides était proportionnelle à sa concentration moléculaire dans le mélange.

S'il y a x molécules de A et $1-x$ molécules de B et si nous appelons l la tension de vapeur de A pur et l' la tension partielle de A dans le mélange, on a

$$\frac{l'}{l} = x.$$

Pour le liquide A pur, l'équation de Clapeyron donne

$$d \operatorname{Log} l = \frac{E}{R} \frac{L}{T^2} dT$$

et pour le solide

$$d \operatorname{Log} s = \frac{E}{R} \frac{S}{T^2} dT;$$

L et S sont les chaleurs latentes de vaporisation du liquide pur et du solide.

En retranchant membre à membre, il vient

$$d \operatorname{Log} \frac{s}{l} = \frac{E}{R} \frac{S-L}{T^2} dT.$$

A la température de cristallisation du liquide pur, la différence $S-L$ représente la chaleur de fusion.

Posons

$$S - L = Q.$$

Pour intégrer l'équation différentielle ci-dessus, il faudrait savoir comment varie Q, en fonction de la température.

Supposons comme première approximation que cette quantité soit constante et inté-

---

([1]) Linebarger, *Journal of american ch. Soc.*, t. XVII, 1895, n° 8.

([2]) Zawidzki, *Zeitschrift für phys. Ch.*, t. XXXV, 1900, p. 129.

([3]) Dolezalek, *Zeitschrift für phys. Ch.*, t. LXIV, 1908, p. 727.

grons entre T_1 et T_2

$$\left(\operatorname{Log}\frac{s}{l}\right)_{T_1} - \left(\operatorname{Log}\frac{s}{l}\right)_{T_2} = \frac{EQ}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right).$$

A la température T_1,

$$s = l \quad \text{et} \quad \operatorname{Log}\frac{s}{l} = 0;$$

à la température T_2,

$$s = l' \quad \text{et} \quad \frac{s}{l} = x;$$

d'où

$$-\operatorname{Log} x = \frac{EQ}{RT_1}\frac{\Delta t}{T_2},$$

$$\Delta t = -k \log x \, T_2.$$

L'abaissement est proportionnel au logarithme de la concentration moléculaire du dissolvant et à la température absolue de cristallisation.

Pour une solution très étendue, l'équation précédente se confond avec celle de Raoult.

Lorsque la concentration du corps dissous augmente, x tend vers zéro et $\operatorname{Log} x$ vers $-\infty$, ce qui entraîne comme conséquence $T_2 = 0$. A mesure que la concentration en corps dissous augmente, le point de congélation tend vers le zéro absolu.

Nous avons vérifié cette équation pour les couples de liquides suivants :

$C^2H^4Cl^2 - C^6H^6$; $C^2H^4Br^2 - C^6H^6$; $C^6H^5CH^3 - C^2H^4Br^2$; Éther — $C^2H^4Br^2$.

Voici les résultats obtenus avec le chlorure d'éthylène et le benzène. Dans ces mélanges, c'est toujours le benzène seul qui cristallise.

Composition du mélange pour 1^mol totale.		Point de congélation.	Valeur de K.
C^6H^6 (x).	$C^2H^4Cl^2$.		
mol	mol	°	
0,959	0,041	+ 2,75	0,239
0,813	0,187	— 7,5	0,233
0,640	0,360	—22,0	0,232
0,627	0,373	—22,5	0,238
0,514	0,486	—32,3	0,234
0,423	0,577	—41,8	0,239
0,309	0,691	—53,1	0,226
		Théorie...........	0,233

Pour un mélange formé de $0^{mol},1365$ de bromure d'éthylène et de

$0^{mol},8635$ de toluène, la cristallisation a lieu à 76°, ce qui fait un abaissement du point de congélation du bromure d'éthylène de 85°. La constante K trouvée est 0,216, tandis que le calcul donne 0,219.

Puisque cette équation se vérifie, nous pouvons considérer comme justifiée la supposition que nous avions faite de la constance de la différence S — L.

Lorsque deux liquides obéiront à cette équation, nous pourrons en conclure qu'ils sont normaux et ne réagissent pas l'un sur l'autre et qu'ils suivent, par conséquent, la règle de Linebarger Zawidzki.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Synthèse photochimique des hydrates de carbone aux dépens des éléments de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau, en l'absence de chlorophylle ; synthèse photochimique des composés quaternaires.* Note [1] de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Les combustions minérales ou organiques rejettent dans l'atmosphère le carbone brûlé sous forme d'un gaz de déchet, impropre à la vie animale, l'anhydride carbonique. Ce carbone rentre dans la circulation organique, grâce à l'assimilation chlorophyllienne des plantes vertes à la lumière : fonction qui joue un rôle capital dans l'équilibre entre le règne minéral et le règne organique, mais dont le mécanisme n'avait pu être reproduit jusqu'ici.

Nous sommes arrivés à réaliser successivement les réactions fondamentales de l'assimilation chlorophyllienne, en l'absence de chlorophylle, à la température ordinaire, sous la simple influence de la lumière très riche en rayons chimiques émise par la lampe à vapeur de mercure.

Les réactions obtenues sont réversibles; mais les équilibres chimiques étant, en général, très prononcés dans un sens, l'analyse gazeuse ne met en évidence qu'un des côtés du phénomène : on manifeste l'autre en séparant l'un des produits de la réaction, le plus souvent à l'état solide, par précipitation ou par combinaison avec un autre corps.

C'est ainsi que nous avons facilement décomposé à froid des gaz variés : H^2S, AzH^3, SO^2, Az^2O, AzO, HCl, ..., en présence du mercure.

En ce qui concerne la synthèse des hydrates de carbone par la lumière

---

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

dans les parties vertes des végétaux, rappelons que M. Berthelot indiquait le mécanisme suivant : « Par le fait de la respiration végétale (chlorophyllienne), l'eau passe à l'état d'hydrogène et l'acide carbonique à l'état d'oxyde de carbone ; ces deux corps ainsi réduits agissent l'un sur l'autre à l'état naissant et engendrent les composés naturels. D'après cela, l'oxyde de carbone serait, dans la nature vivante, la source du carbone des matières organiques. Leur formation dans les végétaux par l'action de l'oxyde de carbone sur l'hydrogène naissant, c'est-à-dire en vertu de l'action réciproque des éléments carbone, hydrogène et oxygène, mis en présence à équivalents égaux (1)

$$CO + H^2 = CH^2O,$$

représente un phénomène comparable à celui que nous avons réalisé dans la décomposition par la chaleur du formiate de baryte qui met en présence ces mêmes éléments carbone, hydrogène et oxygène à équivalents égaux (2) :

$$C^2H^2BaO^4 = CO^3Ba + CH^2O. »$$

L'auteur indique ensuite comment, par condensations successives, ce groupement CH^2O donne naissance aux hydrates de carbone : amidons et sucres.

La suite des réactions précédentes est précisément celle que nous avons réalisée par voie photochimique ; et nos expériences tout en montrant que la synthèse des hydrates de carbone est un phénomène physicochimique, que la lumière peut produire en dehors des plantes, éclairent divers points encore controversés du mécanisme de l'assimilation chlorophyllienne. Faute de place, nous ne pouvons en citer ici qu'un petit nombre.

I. Décomposition de l'anhydride carbonique en oxyde de carbone et oxygène, et action inverse. — 1° *Synthèse de l'anhydride carbonique.* — Mélange de

$$1^{cm^3},95\ CO + 0^{cm^3},63\ O^2.$$

Après 11 heures et demie d'exposition, à 1^{cm} de la lampe, il s'est formé $0^{cm^3},48\ CO^2$. Le tube, dans cette expérience et dans les suivantes, était placé parallèlement à la lampe verticale de 110 volts.

2° *Décomposition de l'anhydride carbonique.* — CO^2 seul montre une faible décomposition en CO et O^2. On la manifeste aisément en plaçant CO^2 en présence soit du phosphore (soustrait à l'action directe des rayons) qui absorbe O^2 en laissant CO,

(1) L'aldéhyde CH^2O s'écrivait, en effet, CHO dans la notation en équivalents.

(2) M. Berthelot, *Leçons sur les méthodes générales de synthèse*, 1864, p. 181.

soit de l'hydrogène qui se combine à l'oxyde de carbone pour donner l'aldéhyde formique et à l'oxygène pour donner l'eau. Le mélange $1^{cm^3},44\ CO^2 + 2^{cm^3},19\ H^2$, après 11 heures et demie d'exposition à $1^{cm},5$ de la lampe, a donné

$$1^{cm^3},30\ CO^2 + 2^{cm^3},05\ H^2 + 0^{cm^3},05\ CO$$

et des gouttelettes d'eau et d'aldéhyde formique solidifié, sans trace d'acide.

Deux expériences analogues ont donné des nombres voisins; avec une action plus prolongée (26 heures à 1^{cm}), la quantité d'aldéhyde et d'eau formée est plus grande.

II. Décomposition de la vapeur d'eau en oxygène et hydrogène, et action inverse. — 1° *Synthèse de la vapeur d'eau.* — Se produit facilement (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1328) au contact de l'oxygène avec l'hydrogène naissant dégagé de l'ammoniaque. Se réalise aussi avec les éléments libres, si l'action est suffisamment intense et prolongée : un mélange, $2^{cm^3},55\ H^2 + 0^{cm^3},47\ O^2$, après 13 heures et demie d'exposition à 1^{cm} de la lampe, était réduit à $1^{cm^3},63$, composé uniquement d'hydrogène; les parois du tube étaient couvertes de gouttelettes d'eau.

2° *Décomposition de la vapeur d'eau.* — Se manifeste en présence de CO; le gaz final est composé de CO^2, CO et H^2; l'eau contient, après quelques heures d'exposition, une notable quantité d'aldéhyde formique. Se manifeste aussi en présence du phosphore qui laisse H^2 libre et absorbe lentement tout l'oxygène.

III. Synthèse de l'aldéhyde formique par combinaison de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, et action inverse. Polymérisation de l'aldéhyde. — 1° *Synthèse de l'aldéhyde formique.* — Mélange $2^{cm^3},02\ CO + 1^{cm^3},78\ H^2$; après 13 heures et demie à $1^{cm},5$ de la lampe, ce volume est réduit à $1^{cm^3},65$ composé de CO et H^2. Le tube est couvert de gouttelettes solidifiées d'aldéhyde formique polymérisé, précipitant par l'azotate d'argent ammoniacal, sans trace d'acide.

Mélange $1^{cm^3},76\ CO + 1^{cm^3},29\ H^2$. Même exposition; volume final $1^{cm^3},18$ composé de CO et H^2. Il y a eu formation d'aldéhyde formique donnant un abondant précipité blanc avec le réactif de Tollens (eau d'aniline); aucune réaction acide.

2° *Décomposition de l'aldéhyde formique.* — L'aldéhyde se décompose en oxyde de carbone et hydrogène. Quand l'action est plus poussée et accompagnée d'échauffement, il se produit en plus de l'anhydride carbonique et du méthane.

Un fragment d'aldéhyde solide tricondensé (trioxyméthylène) est mis en présence de $1^{cm^3},50\ Az^2$. Après 13 heures et quart d'exposition à $2^{cm},5$ de la lampe, le volume est devenu $2^{cm^3},25$; on y trouve outre l'azote initial CO, H^2 (il y a toujours un léger déficit de CO par rapport à H^2), et un peu de CO^2 et CH^4.

Dans un autre essai, le trioxyméthylène en présence de $1^{cm^3},60\ H^2$ a été laissé 13 heures et quart à $0^{cm},5$ de la lampe. Volume final: $5^{cm^3},57$ composé de H^2, CO, CO^2 et CH^4.

IV. Synthèse des composés quaternaires; formation de l'amide formique par combinaison de l'oxyde de carbone et de l'ammoniaque. — Après la photosynthèse des aldéhydes et des acides (composés ternaires) nous avons réalisé celle des amides (composés quaternaires). Le plus simple, l'amide formique, $HCOAzH^2$ prend nais-

sance par l'union à volumes égaux de CO et AzH^3. Cette réaction vient à l'appui de l'idée exprimée plus haut sur le rôle de CO comme source du carbone végétal, et offre un grand intérêt au point de vue de l'origine des matières albuminoïdes dans les plantes, les procédés de synthèse ici employés paraissant analogues à ceux de la nature.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques relations entre la constitution moléculaire et l'odeur.* Note de MM. **G. Austerweil** et **G. Cochin**, présentée par M. L. Maquenne.

On ne possède encore qu'un petit nombre de données vagues relativement à l'influence de la constitution chimique sur l'odeur. On sait, par exemple, que les éthers-sels éthyliques ont une odeur inférieure à celle des éthers méthyliques; il en est ainsi dans les éthers du β-naphtol et dans ceux de l'acide anthranilique. Semmler (¹) a fait la remarque qu'un alcool est généralement moins odorant que l'aldéhyde correspondante. Merling et Welde (²), en complétant les recherches de Tiemann, trouvèrent qu'aucune cétone ne sent la violette si elle n'est pas cyclique et si elle ne possède pas, à proximité du carbone portant la fonction cétonique, plusieurs groupes méthyliques.

On ne sait encore rien de précis sur la nature chimique des corps à odeur de rose; en vue d'élucider cette question, nous avons cherché à modifier régulièrement la molécule du citronellol, soit dans sa chaîne, soit dans sa fonction terminale.

Le citronellol (éb. 117°-118° sous 17^{mm}; $\alpha_D = -4°20'$) est un des principaux constituants de l'essence de rose; très dilué, il en présente l'odeur. Le 1-méthylcitronellol (³) offre la même odeur, plus prononcée encore, nuancée à peu près comme celle de la rose thé.

Le 1.1-diméthylcitronellol n'ayant pas encore été obtenu, nous l'avons préparé en oxydant le 1-méthylcitronellol, et en soumettant la cétone ainsi obtenue à la réaction de Grignard. Le diméthylcitronellol bout à 113°-116° sous 24^{mm}; $\alpha_D = -11°38'$. A forte dilution, il possède une odeur rosée et légèrement camphrée.

Le 1-éthylcitronellol (éb. 125°-130° sous 22^{mm}; $\alpha_D = -11°26'$), préparé par nous de la même façon que le dérivé méthylique, donne, soigneusement rectifié, une odeur de rose thé plus nette encore.

Le 1.1-diéthylcitronellol (éb. 119°-123° sous 20^{mm}; $\alpha_D = -13°25'$) a été obtenu par nous selon les mêmes procédés que le dérivé méthylique correspondant. Il ressemble au diméthylcitronellol, l'odeur rosée étant un peu plus prononcée.

(¹) Semmler, *Die ätherischen Œle*, t. I, p. 249-250.

(²) Merling et Welde, *Liebig's Annalen*, t. CCCLXVI, 1909, p. 119.

(³) Rupe, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XLI, 1907, p. 2813.

Le rendement qu'on obtient avec les dérivés éthyliques est supérieur au rendement des dérivés méthyliques : 50 pour 100 environ pour l'éthylcitronellol ; mais il est bien inférieur pour le diéthylcitronellol.

Parmi les autres composés alcooliques, nous avons préparé le 1-propylcitronellol (éb. 118°-122° sous 22^{mm}), et le 1-butylcitronellol (éb. 105°-108° sous 16^{mm}) dans lesquels, en même temps que la chaîne latérale s'allonge, l'odeur rosée s'affaiblit, sans toutefois disparaître complètement; au contraire, l'adjonction d'un groupe cyclique semble exalter l'odeur, ce que nous avons vérifié dans le 1-phénylcitronellol, obtenu selon les mêmes procédés avec un faible rendement (éb. 102°-104° sous 12^{mm}).

L'oxydation de la fonction alcoolique en fonction aldéhydique ou cétonique modifie profondément l'odeur de ces corps.

Nous voyons donc l'odeur rosée accompagner la fonction alcoolique; celle-ci peut être primaire, secondaire ou tertiaire, c'est-à-dire représentée par le groupement $-CH^2-CRROH$, où R peut être de l'hydrogène, ou un radical alkyle ou aryle.

En deuxième lieu, si l'on considère l'influence de la structure et de la grandeur de la chaîne carbonée jointe à ce groupement fonctionnel, on peut remarquer que le diméthylhepténol [1], dans lequel ce groupement fonctionnel est joint à 6^{at} de carbone, a une odeur agréable fruitée, mais non rosée. Semmler [2] a d'ailleurs déjà énoncé que l'odeur agréable n'apparaît que s'il y a au moins 8^{at} de carbone dans la chaîne.

On sait de même que les alcools saturés, en chaîne de 8^{at} et de 9^{at} de carbone, (alcools octylique et nonylique), n'ont pas d'odeur rosée; non plus que le 3-méthylnonanol [3] : $C^6H^{13}-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}-CH^2-CH^2OH$, qui a une odeur graisseuse; ni le 3.7-diméthylnonanol (dihydrocitronellol) [4] qui a une odeur agréable, mais difficile à qualifier.

Ces deux derniers exemples démontrent que les chaînes saturées de la série grasse ayant une ou deux ramifications, placées identiquement aux ramifications du citronellol, ne suffisent pas pour provoquer l'odeur rosée. La présence d'une double liaison semble absolument nécessaire.

---

(1) Sand et Singer, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XXXV, p. 3183. — Barbier, *Bull. Soc. chim.*, t. XXI, p. 348.

(2) Semmler, *Loc. cit.*, t. I, p. 389 et 570.

(3) Bouveault et Blanc, *Bull. Soc. chim.*, t. XXXI, p. 1208.

(4) Haller et Martine, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 1303. — Bouveault et Blanc, *Loc. cit.*

L'introduction d'un noyau cyclique ne paraît pas avoir d'influence; en effet, nous avons trouvé que ni l'alcool phényléthylique, ni l'alcool phénylisopropylique (éb. 219°-221°), que nous avons préparé en soumettant l'aldéhyde phénylacétique à la réaction de Grignard, ni même le cyclocitronellol, qui ne diffère du citronellol que par l'arrangement en chaîne cyclique des mêmes atomes, groupés d'ailleurs comme dans le citronellol ordinaire, ne présente aucune odeur rosée.

Nous nous proposons de voir si la présence d'une seule ramification dans la chaîne possédant une double liaison suffit pour obtenir cette odeur, ainsi que l'influence de la place qu'occupent les ramifications et les doubles liaisons dans la chaîne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aloïnose cristallisé; son identité avec l'arabinose-d.* Note de M. E. **Léger**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Dans une Note récente [1], j'ai décrit la préparation de ce sucre à l'aide de la barbaloïne.

Le procédé indiqué a l'inconvénient d'exiger un temps considérable; de plus, le sucre n'a pu être obtenu que sous forme de sirop, avec un rendement ne dépassant pas 11 pour 100.

En cherchant à préparer l'aloémodine par la méthode d'Œsterle [2], je fus amené à trouver un mode de préparation plus avantageux. Rappelons que la méthode en question consiste à chauffer, à reflux, la barbaloïne avec de l'alcool à 95° additionné de HCl. M. Œsterle seul, puis avec la collaboration de M. Riat [3], en pratiquant cette méthode, n'ont jamais pu obtenir le sucre d'aloïne.

En faisant intervenir le temps, le résultat est tout autre. En effet, une opération pratiquée avec 25^g de barbaloïne me donna, après 1 mois, 2^g,50 d'un dépôt renfermant 1^g,15 d'émodine. La solution abandonnée pendant 4 mois fournit un nouveau dépôt pesant 2^g,40, contenant 2^g,10 d'émodine. Pendant le sixième mois le liquide se troubla à peine. La netteté de cette formation de l'émodine me fit penser que le sucre devait prendre naissance simultanément dans la même réaction.

(1) *Comptes rendus*, t. 150, p. 983.

(2) *Archiv der Pharm.*, 1889, p. 81.

(3) *Schweiz. Wochensch. für Chem. und Pharm.*, t. XLVII, p. 71.

En effet, des eaux mères de l'aloémodine je pus retirer, par un procédé dont la description serait trop longue pour trouver place ici, mais qui sera publié au *Bulletin de la Société chimique*, $4^g,60$ de sirop, ce qui porte le rendement de 11 à 18,40 pour 100.

Benzylphénylhydrazone de l'aloïnose. — Si l'on dissout, à chaud, le sirop dans l'alcool à 90° et qu'on ajoute à la solution un excès de benzylphénylhydrazine dissoute dans l'alcool absolu, il se forme un précipité poisseux qui se redissout au bain-marie. En frottant les parois de la capsule, la cristallisation s'amorce et le lendemain il y a prise du produit en une masse de cristaux. La benzylphénylhydrazone est purifiée par cristallisation dans l'alcool méthylique ; celui-ci la dissout bien à chaud et la laisse déposer par refroidissement en aiguilles ou lamelles allongées, brillantes, fort peu solubles dans l'alcool, presque insolubles dans l'eau, fusibles à 168°,8-169°,8 (corrigé).

Aloïnose cristallisé. — La benzylphénylhydrazone, chauffée à reflux avec de l'alcool à 40^c et une petite quantité de formaldéhyde, se décompose, à la manière habituelle, en hydrazone de l'aldéhyde formique, laquelle se dépose sous forme d'huile lourde, et en aloïnose. Après séparation de l'hydrazone formique au moyen de l'éther, la solution aqueuse est évaporée dans le vide; elle fournit un sirop qui, repris par l'alcool absolu, donne une solution d'où le sucre cristallise spontanément en petits prismes incolores, allongés, microscopiques.

Les cristaux, essorés à la trompe, sont lavés à l'alcool méthylique pur et séchés sur SO^4H^2. Les eaux mères alcooliques, après concentration, donnent de nouveaux cristaux par amorçage; $7^g,50$ d'hydrazone m'ont donné, en tout, $1^g,75$ de sucre cristallisé.

L'aloïnose cristallisée fond à 154°,2-155°,2 (corrigé). Son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -101°,6$ pour $p = 1,586$ et $t = 16°$.

Ce sucre n'est pas un méthylpentose, comme je l'ai supposé jusqu'ici, mais bien un pentose. Son analyse a donné, en effet, $C = 39,27$; $H = 6,52$. Calculé pour $C^5H^{10}O^5$: $C = 40,00$; $H = 6,66$. Un méthylpentose exigerait $C = 43,90$.

L'aloïnose ne constitue pas, comme je le présumais, un sucre nouveau; il est identique à un sucre déjà connu, l'arabinose-*d*, dont il possède toutes les propriétés; c'est ce qui ressort de l'examen du Tableau suivant :

	Aloïnose.	Arabinose-*d*.
Point de fusion	154°,2-155°,2	159°
Pouvoir rotatoire	—101°,6	—105°
Point de fusion de la benzylphénylhydrazone	168°,8-169°,8	170°

Traité par HCl, l'orcine et l'éther, l'aloïnose cristallisé donne une coloration, non pas verte comme le produit amorphe, mais d'un beau bleu, comme les autres pentoses.

Dans la réaction d'Œsterle, poursuivie pendant 6 mois, l'aloémodine et l'arabinose-*d* ne sont pas les seuls produits qui prennent naissance; si, en effet, après avoir isolé le sucre du sirop à l'état d'hydrazone, on enlève l'excès d'hydrazine par l'éther, on obtient un nouveau sirop qui, avec l'acétate de phénylhydrazine ne donne que des traces d'osazone et qui est à peine réducteur.

J'ai pensé que ce dernier sirop devait renfermer un corps voisin des pentoses, car il donne la réaction de ces corps avec l'orcine et HCl, aussi énergiquement que le sirop primitif. Étant donnée la nature de la réaction utilisée, j'ai de suite songé à la formation probable d'un glucoside éthylique.

Si l'on chauffe avec SO^4H^2, à 2 pour 100, le sirop à peine réducteur, on obtient, après enlèvement de SO^4H^2 par le carbonate de baryum, une solution qui, évaporée, donne un sirop très réducteur, pouvant fournir une quantité importante de benzylphénylhydrazone.

Il résulte de ce qui précède que la barbaloïne est un glucoside de formule $C^{20}H^{18}O^9$, dédoublable en aloémodine et arabinose-*d*, selon l'équation

$$C^{20}H^{18}O^9 + H^2O = C^{15}H^{10}O^5 + C^5H^{10}O^5,$$

On rencontre dans le règne végétal un certain nombre de glucosides dédoublables avec formation de méthylpentoses mais jamais on n'avait obtenu de pentoses dans le dédoublement des glucosides. D'autre part, l'arabinose-*d*, sucre synthétique, n'avait pas encore été rencontré dans la nature.

L'isobarbaloïne, traitée comme la barbaloïne par l'alcool et HCl, fournit aussi de l'arabinose-*d*, caractérisée par le point de fusion 168°,8-169°,8 de sa benzylphénylhydrazone.

J'ai constaté antérieurement ([1]) que la barbaloïne et l'isobarbaloïne, traitées par Na^2O^2, donnent la même émodine. Actuellement, il est démontré que les deux aloïnes se dédoublent avec production du même sucre.

Il résulte de cette constatation que ces deux aloïnes diffèrent l'une de l'autre par l'oxhydryle auquel se trouve attachée la molécule de sucre. En un mot, la barbaloïne et l'isobarbaloïne sont des isomères de position.

J'ai l'intention d'étendre ces recherches à la nataloïne, dans le but de savoir à quel sucre elle se rattache.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1111.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelle contribution à l'étude des latérites.* Note de M. **H. Arsandaux**, présentée par M. A. Lacroix.

J'ai montré antérieurement ([1]) que les latérites que j'ai étudiées renferment, associée à des hydrates de fer et d'alumine, une proportion prépondérante d'une matière silicatée alumineuse, que sa nature lamellaire et sa composition chimique permettent d'assimiler à un mica; j'ai en outre émis l'hypothèse suivante, découlant de la considération de dix-huit analyses de ces produits d'altération, de provenance africaine principalement (Soudan, Guinée, Congo) : au début de la latéritisation, ces matières micacées correspondent à des muscovites presque normales, puis elles perdent progressivement leurs alcalis, en même temps qu'elles s'enrichissent en eau de constitution; finalement, elles aboutissent à des termes à peine alcalins, entièrement comparables aux kaolins.

L'étude d'une série d'échantillons, recueillie par M. Villiaume, dans la région de Siguiri (Niger-Soudan), me permet d'apporter un argument direct à l'appui de cette hypothèse, en même temps que certains faits positifs concernant les relations de la matière micacée en question, avec les hydrates qui l'accompagnent.

Les échantillons étudiés correspondent aux principaux stades de l'altération latéritique envisagée dans sa forme la plus complète, et telle que je l'ai déjà ([2]) décrite; ils proviennent de l'altération d'une même roche, un microgranite laminé, vraisemblablement ([3]).

J'ai effectué, en collaboration avec M. Blot, l'analyse des échantillons en question; les résultats obtenus sont consignés ci-après, ils sont calculés abstraction faite du résidu quartzeux inattaqué au cours des opérations analytiques ([4]).

([1]) *Comptes rendus*, 26 octobre 1909.

([2]) *Comptes rendus*, 6 décembre 1909.

([3]) Il me semble peu admissible que la matière micacée puisse être attribuée à un produit de dynamométamorphisme du feldspath de cette roche; en effet, la plupart des analyses publiées dans ma Note du 26 octobre 1909 concernent des produits d'altération de roches non sériciteuses; c'est, en particulier, le cas du microgranite laminé de Sadiola, qui fournit une série de produits de latéritisation que j'ai étudiés sur place, entièrement comparable à celle que j'envisage ici.

([4]) Pour la description détaillée des roches latéritiques et les méthodes analytiques, je renvoie à mes Notes sur les bauxites et les latérites (*Comptes rendus*, 5 et 26 avril, 26 octobre et 6 décembre 1909).

	Proportion des hydrates.	Proportion des silicates alcalins.
a	0,8	99,2
b	2,0	98,0
c	5,5	94,5
d	12,2	87,8
e	32,9	67,1

Composition des hydrates.

H^2O	traces	traces	1,9	6,6	15,6
Fe^2O^3	99,0	95,0	93,5	77,3	60,9
Al^2O^3	traces	5,0	3,6	16,6	22,4
	99,0	100,0	99,0	99,5	98,9

Composition des silicates alumineux alcalins.

H^2O	7,6	8,9	11,4	12,5	16,6
SiO^2	44,9	46,4	45,0	44,5	44,6
Al^2O^3	37,9	35,9	37,1	38,2	35,8
TiO^2	1,0	0,7	1,3	1,5	0,9
CaO + MgO	1,1	1,3	1,0	0,9	0,9
K^2O	6,9	4,3	3,3	1,5	0,5
Na^2O	0,9	1,8	0,4	0,4	0,4
	100,3	99,3	99,5	99,5	99,7

a et *b* roches latéritiques ayant conservé les caractères structurels de la roche originelle, situées à une profondeur de plus de 18^m au-dessous des latérites superficielles à facies scoriacé (*e*).

c, *d*, *e*, roches latéritiques dépourvues des caractères structurels de la roche originelle; ces échantillons correspondent à des niveaux de plus en plus rapprochés de la surface (*e*); ils sont de plus en plus rubéfiés, l'individualisation du fer y est, en outre, de plus en plus accentuée, de *c* à *e*.

Ces résultats conduisent aux conclusions suivantes pour le cas considéré :

1° L'élément silicaté alumineux subit des transformations micacées conformément à l'hypothèse rappelée au début de cette Note;

2° Parallèlement à cette altération micacée, il s'en développe une autre, progressive également, caractérisée par la production des hydrates de fer et d'alumine, la proportion de ce dernier, dans la roche d'altération, crois-

sant au fur et à mesure que le produit micacé qui accompagne cet élément, se rapproche davantage de la kaolinite;

3° Ils permettent de juger, en outre, que les oxydes de fer et d'alumine présentent des états d'hydratation croissant dans le même sens que ci-dessus ([1]), tendant sans doute (analyse) vers les hydrates définis $2Fe^2O^3, 3H^2O$ et $Al^2O^3, 3H^2O$, dont la présence dans les formations latéritiques superficielles a déjà plusieurs fois été constatée, soit optiquement, sous forme de limonite et d'hydrargillite, soit par voie analytique, seulement.

Parmi les latérites étudiées dans ma première Note, celles constituant des produits non remaniés fournissent des résultats susceptibles d'être rapprochés de ceux consignés ici, en ce sens que, à ceux de ces produits comprenant un silicate alumineux fortement alcalin, correspondent généralement de faibles teneurs en oxydes, d'aluminium en particulier, d'un degré d'hydratation peu élevé, un résultat inverse s'observant dans le cas contraire; aussi, autant qu'il est possible de généraliser quelques faits isolés se rapportant à des phénomènes géologiques d'une ampleur extrêmement considérable, suis-je porté à admettre, comme conclusion d'ensemble de mes observations personnelles sur la question, que : *La latéritisation résulte essentiellement d'une hydratation des feldspaths, aboutissant à un scindement de l'alumine de ceux-ci en deux portions, l'une à l'état silicaté, l'autre à l'état d'hydroxyde, les formes ultimes respectives de ces deux états correspondant à la kaolinite et à l'hydrargillite.*

Cette transformation peut être schématisée par les équations suivantes, dans lesquelles les modifications progressives des éléments sont totalisées :

Feldspath + eau = muscovite + silice + alcali,
Muscovite + eau = kaolinite + alumine + silice + alcali.

Que ces conclusions soient ou non susceptibles d'être généralisées, il n'en résulte pas moins des faits étudiés particulièrement dans cette Note, que la latéritisation ne peut toujours être considérée comme un phénomène relativement simple, caractérisé essentiellement par le passage de l'alumine de l'état de silicate à l'état d'hydroxyde; s'il est incontestable que certains hydrates d'alumine intertropicaux sont d'origine latéritique, il est égale-

([1]) Le fait est impossible à établir par un calcul rigoureux, l'absence d'hydrates sous une forme cristallisée déterminable ne permettant pas de répartir convenablement, entre les oxydes Fe^2O^3, Al^2O^3, l'eau trouvée dans l'analyse.

ment certain qu'il existe des formations kaoliniques des mêmes régions ayant une origine semblable; peut-être, toutefois, la kaolinite elle-même, est-elle susceptible de se désintégrer par voie d'hydratation, fournissant comme produit ultime de l'alumine; cependant c'est là une pure hypothèse à l'appui de laquelle je ne puis apporter d'argument positif.

BOTANIQUE. — *L'éclairement optimum pour le développement des végétaux.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les recherches de Garreau, Wolkoff, van Tieghem, Boussingault, Müller, Prianischnikoff, Famintzine, Reinke, Kreusler, etc., ont mis en évidence l'influence exercée par la lumière sur l'assimilation chlorophyllienne, et certains de ces auteurs ont montré que le phénomène chlorophyllien se produit avec son maximum d'intensité à un éclairement voisin de celui de la lumière solaire directe; cet éclairement représentait donc l'optimum lumineux pour l'assimilation chlorophyllienne.

Weis, Pantanelli et Lubimenko ont fait voir que l'éclairement optimum pour l'assimilation chlorophyllienne n'est pas représenté par la même intensité lumineuse pour toutes les espèces végétales.

Enfin, Lubimenko, en étudiant la formation de la chlorophylle, l'assimilation chlorophyllienne et la production de substance sèche, chez de très jeunes plantes cultivées à des intensités lumineuses plus ou moins fortes, a montré que, pour une même espèce végétale, les éclairements optima sont différents suivant le phénomène physiologique que l'on considère.

J'ai entrepris de déterminer, *aux divers stades du développement des végétaux* depuis la germination jusqu'à la formation des graines, les éclairements optima pour les différents phénomènes physiologiques. Les expériences ont porté sur des espèces appartenant à plusieurs types biologiques : plantes habituées à vivre à un éclairement très intense (*Salsola Kali*, *Atriplex crassifolia*, etc.); plantes adaptées à une lumière moyenne (*Triticum vulgare*, *Mercurialis annua*, *Raphanus sativus*, *Pisum sativum*, etc.); plantes d'ombre (*Teucrium Scorodonia*, etc.).

Les phénomènes étudiés ont été les suivants : production de substance sèche, production de substance fraîche, assimilation chlorophyllienne, germination, développement de l'appareil végétatif, rapidité de croissance, tubérisation, floraison, formation des fruits, maturation des fruits, déterminisme du sexe, faculté d'adaptation à des éclairements différents.

Les divers éclairements ont été obtenus en atténuant la lumière solaire au moyen de toiles dont les fils étaient plus ou moins épais et les mailles plus ou moins larges. La lumière était ainsi modifiée quantitativement mais non qualitativement; elle était

d'autant plus atténuée que les fils des toiles étaient plus épais et les mailles moins larges. Les plantes ont été cultivées sous cinq éclairements d'intensité croissante, et les diverses déterminations ont été faites, sur les individus des cinq lots, aux différents stades du développement.

Un dispositif particulier permettait de réaliser des conditions de température, d'état hygrométrique de l'air et d'humidité du sol, identiques sous les cinq éclairements. Ce dispositif, ainsi que la technique des expériences seront décrits d'autre part, en même temps que seront exposés les résultats détaillés obtenus dans ces recherches.

Les conclusions les plus générales qu'il est permis de tirer de l'ensemble des résultats obtenus sont les suivantes :

Non seulement l'optimum lumineux est différent, chez une même plante, suivant le phénomène physiologique que l'on considère, mais encore, *l'éclairement optimum pour un phénomème déterminé, chez une plante donnée, n'est pas représenté par la même intensité lumineuse pendant toute la vie de la plante; cet optimum est différent suivant le stade du développement que l'on considère.*

D'une manière générale, cette lumière optima est faible pendant les premiers stades du développement et correspond à des éclairements de plus en plus forts à mesure que la plante vieillit.

Par conséquent, si l'on considère un phénomène déterminé chez une espèce végétale donnée, on ne peut caractériser physiologiquement cette espèce par un seul optimum de lumière, correspondant au maximum d'intensité de ce phénomène. Il est nécessaire, si l'on veut représenter l'influence de la lumière sur ce phénomène, de figurer, pour cette espèce, la variation des optima au cours du développement. C'est cette courbe de la variation des optima qui est la caractéristique physiologique de l'espèce, au point de vue du phénomène étudié. La figure obtenue en représentant graphiquement cette variation indique, par son aspect, le genre d'adaptation à la lumière de l'espèce considérée.

L'ensemble des faits, mis en évidence dans mes recherches, conduit à la conception suivante de l'action générale de la lumière sur le développement des plantes:

*Les fortes intensités lumineuses provoquent, chez les végétaux, l'*accumulation *des composés nutritifs élaborés dans les parties vertes et favorisent par conséquent la formation des organes de réserve (rhizomes, tubercules, fruits, etc.); tandis que les éclairements faibles déterminent au contraire l'*utilisation *des substances nutritives et accélèrent par conséquent la production des organes de vie active (tiges herbacées, feuilles, etc.).*

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'action cardio-vasculaire du café vert, comparée à celle de doses correspondantes de caféine.* Note ([1]) de MM. **V. Pachon** et **Em. Perrot**, présentée par M. Guignard.

Sous l'influence d'idées théoriques qui ont prévalu depuis une cinquantaine d'années en pharmacologie, on s'est préoccupé de retirer des plantes médicinales des produits cristallisés, auxquels on a cru pouvoir rapporter, d'une part, l'action spécifique du végétal et qu'on a considérés, d'autre part, à la fois comme plus utiles et plus maniables.

Il se trouve que l'étude chimique des produits immédiats de la plante fraîche et l'étude physiologique de ces produits sont d'accord pour démontrer que le problème pharmacologique a été posé sous une forme trop schématique. La pharmacodynamie de la *plante fraîche* et la pharmacodynamie des *produits cristallisés* qu'on en peut retirer constituent, en fait, deux choses différentes, dont chacune a d'ailleurs son intérêt pratique, mais qui doivent être distinguées.

Sur le terrain chimique, M. Goris a montré, en particulier pour la noix de kola fraîche, que la caféine était associée à un groupe complexe dont il a pu extraire un corps nouveau cristallisé, la kolatine, qui donne avec la caféine un composé soluble dans l'eau et doué d'une action physiologique spéciale. Des recherches en cours montrent qu'il en est vraisemblablement de même pour bon nombre d'autres végétaux renfermant des alcaloïdes ou des glucosides.

Au point de vue physiologique, l'étude de l'action cardio-vasculaire du café vert, comparée à celle de doses correspondantes de caféine, est particulièrement instructive et démonstrative à cet égard.

Nos essais ont été faits avec un extrait de café vert, préparé après destruction des diastases suivant la méthode préconisée par MM. Perrot et Goris ([2]). En partant de plantes fraîches, dont les enzymes avaient été tuées par l'action de la vapeur d'alcool sous faible pression, ces auteurs ont obtenu des extraits qu'ils ont dénommés *extraits physiologiques* et qui conservent les propriétés de la plante fraîche. C'est une semblable préparation galénique obtenue du café vert, qui fut le point de départ des observations que nous allons rapporter.

([1]) Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

([2]) *Académie de Médecine*, séance du 21 juin 1909.

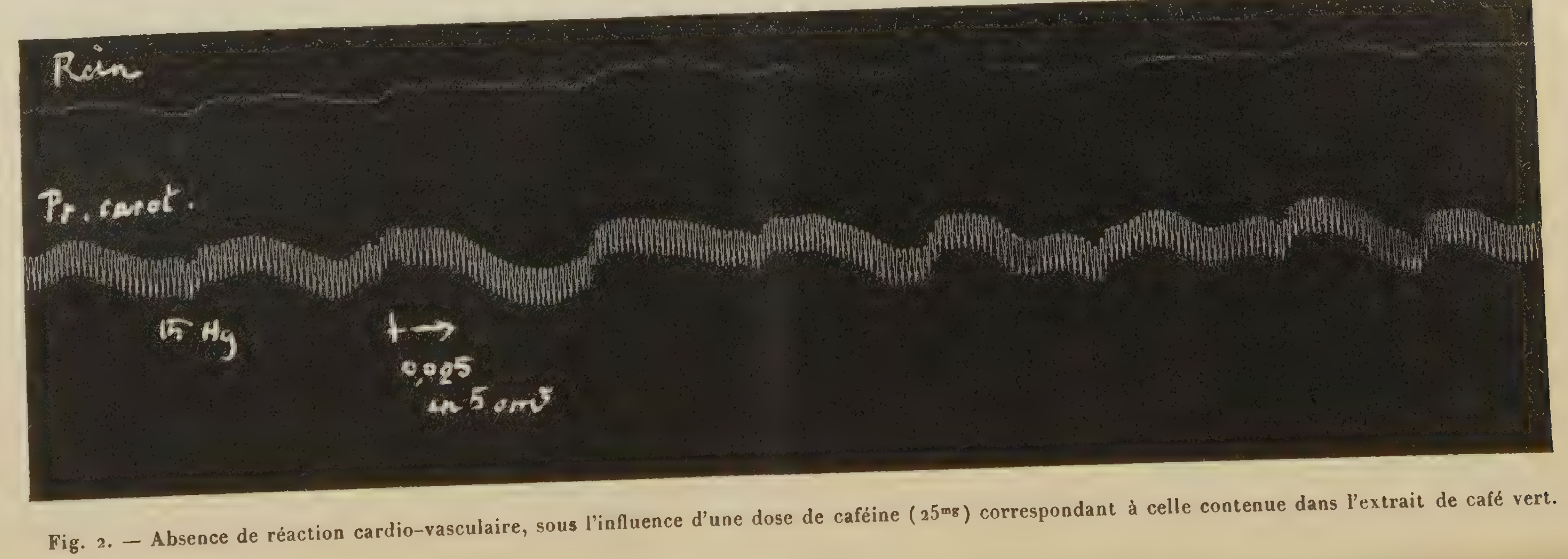


Fig. 1. — *Extrait physiologique de café vert* : action hypotensive immédiate profonde.

Fig. 2. — Absence de réaction cardio-vasculaire, sous l'influence d'une dose de caféine (25mg) correspondant à celle contenue dans l'extrait de café vert.

Cet extrait, qui renfermait 4,60 pour 100 de caféine, a servi à faire des solutions à 10 pour 100 dans le sérum physiologique (Na Cl à 8,5 pour 1000); 10^{cm^3} de la solution expérimentée, contenant 1^g d'extrait, correspondaient donc à 0,046 de caféine. Des doses correspondantes de caféine en solution ont été injectées sous un même volume et dans les mêmes conditions expérimentales, soit chez un animal (chien) neuf, soit chez le même animal, après disparition de tout effet antérieur, et après s'être assuré qu'une même dose répétée d'extrait de café continuait à exercer son action première.

Les graphiques ci-contre (*fig.* 1 et 2) représentent les résultats de l'expérience dont nous donnons le protocole.

Expérience. — Chien ♂, 10^{kg}. Injection intra-veineuse dans la veine tibiale de 1^g de chloralose dissous dans 60^{cm^3} d'eau salée tiède à 8,5 pour 1000. Quand l'animal est en pleine narcose, préparation de la carotide droite et du rein gauche. La pression artérielle carotidienne est enregistrée avec le kygmographe de Ludwig. La pression artérielle et le volume du rein s'inscrivant normalement, on fait (à l'endroit indiqué sur le tracé) une injection intra-veineuse de 5^{cm^3} de la solution à 10 pour 100 d'extrait physiologique de café vert. Immédiatement on constate un léger ralentissement cardiaque avec *chute profonde de la pression qui se relève progressivement. Le volume du rein baisse en même temps que la pression et, après avoir dépassé son niveau primitif*, (réaction compensatrice fréquente après les variations volumétriques brusques d'organes) *reprend progressivement, comme la pression, sa valeur normale.* Un quart d'heure après, alors que le régime cardio-vasculaire est redevenu entièrement normal et régulier, l'injection d'une dose de $0^{mg},025$ caféine en 5^{cm^3} (soit une dose de caféine correspondant à celle contenue dans l'injection d'extrait) ne produit aucun effet cardio-vasculaire appréciable. Le chien reçoit alors une injection intra-veineuse de 2^{mg} de sulfate d'atropine : l'effet hypotenseur (accompagné de la diminution volumétrique du rein) de l'extrait de café se manifeste aux mêmes doses que chez l'animal normal.

En résumé, l'extrait physiologique de café vert, contenant les principes immédiats tels qu'ils se trouvent dans la plante fraîche, exerce une action cardio-vasculaire dépressive se manifestant par un léger ralentissement cardiaque, une chute profonde de la pression carotidienne et du volume du rein. L'effet hypotenseur se manifeste chez l'animal atropinisé comme chez l'animal normal. L'action cardio-vasculaire dépressive, manifeste à des doses d'extrait contenant 25^{mg} de caféine, est sans nul doute une action spécifique d'un groupement chimique particulier, car des doses correspondantes de caféine pure ne produisent, dans les mêmes conditions expérimentales, aucune action cardio-vasculaire apparente.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence du régime alimentaire sur l'intestin chez les Oiseaux*. Note [1] de M. A. MAGNAN, présentée par M. Yves Delage.

Afin de pas tomber dans l'erreur qui consiste à établir des rapports entre des grandeurs d'ordre différent, j'ai comparé :

1° La longueur de l'intestin à la longueur du corps obtenue par la formule $l = \sqrt[3]{p}$;

3° La surface de l'intestin à la surface du corps calculée par la formule $S = 7,35\sqrt[3]{p^2}$.

Dans ces conditions la question de la taille se trouve éliminée.

J'ai étudié 425 oiseaux répartis en 160 espèces ; le régime les groupe de la façon suivante :

	Poids total moyen.	Rapport de la longueur de l'intestin à la longueur du corps.	Rapport de la surface de l'intestin à la surface du corps.
Insectivores indigènes	32,50 g	6,22	2,00
Insectivores exotiques	22,10	6,25	2,10
Carnivores et insectivores	374,60	7,95	1,50
Omnivores (Corvidés)	214,70	9,93	2,90
Piscivores et insectivores	204,70	10,05	2,20
Granivores et insectivores	39,60	10,66	3,50
Carnivores	1382,40	10,70	1,50
Frugivores	152,30	11,50	3,30
Piscivores	896,60	11,80	2,50
Granivores	506	12,40	3,20
Carnivores et piscivores (grands Échassiers)	1702,30	15,80	1,60
Omnivores (Palmipèdes)	2207,20	17,10	3

En examinant les chiffres de la première colonne on constate que les Oiseaux possédant une alimentation animale ont la plus petite longueur d'intestin et que les végétariens ou les omnivores présentent le plus grand développement intestinal.

---

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

Mais deux remarques s'imposent :

1° Les Oiseaux comme les grands Échassiers qui sont carnivores et piscivores échappent à la règle ; ils ont beaucoup d'intestin ;

2° Les granivores et les carnivores sont assez voisins ; la différence que présente la longueur de leur intestin est assez minime.

Ce paradoxe n'est qu'apparent : si l'on confronte les rapports de la surface de l'intestin à la surface du corps, on voit les grands Échassiers reprendre leur place parmi les carnivores, alors que les granivores s'en écartent, puisque ces derniers, avec une longueur d'intestin sensiblement égale, ont une surface d'absorption double.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le virage du pigment de deux champignons.* Note de M. G. **Seliber**, présentée par M. E. Roux.

Le virage des pigments des champignons a été déjà étudié par Coupin et Friedel ([1]), Bessey ([2]) et Milburn ([3]).

Nous avons isolé des orchidées malades des serres du jardin botanique de Heidelberg deux champignons produisant des pigments variant leur coloration suivant le milieu de culture. L'isolement des champignons a été fait de la manière suivante : des morceaux des feuilles et des tiges d'orchidées ont été placés dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose (2 pour 100 gélose, 3 pour 100 glucose). Dans la flore fongique qui se développa dans les boîtes, deux champignons ont montré une coloration vive. On constatait macroscopiquement chez l'un de ces champignons une coloration rouge, chez l'autre une coloration violette. Réensemencés en séries dans des tubes avec le même milieu, ils ont presque toujours gardé leur coloration, quelques cultures montraient seulement par endroit un virage dont nous parlerons plus bas.

L'examen microscopique révèle que dans les myceliums le pigment se répartit de manières différentes : quelquefois la matière colorante diffusant dans tout le mycélium est de faible intensité, ou montre, au contraire, une nuance vive; dans d'autres cas elle s'agglomère en granulations ou en bâtonnets, fortement colorés.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1118.

([2]) *Flora*, t. XCIII, 1904, p. 301.

([3]) *Centrablatt f. Bakter.*, 2e Partie, t. XIII, 1904, p. 129.

La forme rouge a été déterminé comme *Fusarium* (*Fusisporium*) *Heidelbergianum sp. n.* avec des conidies à 5 septes, la forme violette comme *Cephalosporium subsessile sp. n.* ([1]).

In vitro des mycéliums rouges de *Fusarium* placés dans une solution d'acide faible deviennent jaunes, des mycéliums violets de *Cephalosporium* virent au rouge. Les mycéliums des cultures sur amidon décrites plus bas se prêtent mieux à l'observation de ces virages.

Si l'on ajoute avant l'ensemencement à des cultures des champignons en milieu liquide (NO^3K $0^g,5$; SO^4Mg $0^g,5$; asparagine 5^g; glucose 30^g; eau 1^l) des solutions stérilisées de KOH et de $SO^4H^2\left(\frac{N}{40}\right)$, on arrive à provoquer une coloration bien déterminée dans des mycéliums; mais ces effets ne se produisent pas toujours avec certitude.

Nous avons obtenu des résultats plus intéressants en opérant sur des milieux solides et en introduisant à la place d'acide ou d'alcali libres des sels minéraux, pouvant fournir au cours des processus vitaux des champignons des produits acides ou alcalins.

On constitue un bon milieu en employant l'empois d'amidon. Il est avantageux, afin d'obtenir une masse gélatineuse bien homogène, de déminéraliser partiellement l'amidon ([2]). Le milieu nutritif était préparé de la manière suivante : à des solutions contenant 0,5 pour 100 de $SO^4(NH^4)^2$ ou de NO^3K, on ajoute 10 pour 100 d'amidon déminéralisé. L'amidon se solubilise par chauffage au bain-marie, on répartit la solution dans des boîtes de Pétri et, après stérilisation, on obtient par refroidissement un milieu solide prêt pour l'ensemencement.

Le milieu au $SO^4(NH^4)^2$ donne avec le *Fusarium* une culture de couleur jaune, avec le *Cephalosporium* on observe une coloration rouge.

Les cultures en milieu nitraté montrent une coloration rouge avec le *Fusarium* et violette avec le *Cephalosporium*.

Un résultat identique a été obtenu en remplaçant l'amidon du milieu nutritif par de la gélose glucosée.

Pour expliquer ces changements de coloration, on peut dire que le champignon cultivé en présence de NO^3K assimile l'azote nitrique et met en liberté des produits alcalins, on obtient alors des couleurs rouges et violettes qui caractérisent l'action de l'alcali sur ces champignons. Dans le milieu contenant $SO^4(NH^4)^2$, les champignons consomment l'azote ammo-

([1]) Nous sommes très reconnaissant à M. Saccardo de Padoue qui a bien voulu nous déterminer les champignons, la diagnose de ces champignons sera donnée dans les Notes mycologiques de M. Saccardo (*Annales mycologici*, juin 1910).

([2]) *Voir* Fouard, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 501 et 1366.

niacal et un radical acide peut concourir aux virages jaune et rouge des couleurs.

In vivo on constate aisément le virage des pigments en ajoutant ascptiquement aux cultures sur amidon des solutions d'acide ou d'alcali de concentration, variant entre $\frac{N}{100}$ et $\frac{N}{40}$. Le virage du violet au rouge et le virage inverse se produisent bien, de même celui du rouge au jaune. Le virage jaune rouge ne réussit qu'imparfaitement. L'étude de ces questions présente encore des particularités qui restent à élucider.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'analyse des matières protoplasmiques.* Note de MM. **A. Étard** et **A. Vila**, présentée par M. E. Roux.

I. Les liqueurs d'hydrolyse des matières protoplasmiques, obtenues suivant une technique indiquée dans des Notes antérieures, contiennent la totalité des produits issus de la matière albuminoïde. Cependant l'énorme perte en eau que nous avons signalée (plus de 25 pour 100 de la substance sèche étudiée) montre que, quel que soit le futur rendement en produits définis séparés, il sera très difficile d'en interpréter les résultats.

Pour établir un procédé pratique, permettant de distinguer aisément les principaux groupements moléculaires, il fallut rechercher des réactifs généraux; c'est ainsi que dans une Communication précédente [1] nous avons indiqué l'emploi du méthylate de baryum. Ce réactif forme avec les produits d'hydrolyse, préalablement solubilisés dans un excès d'alcool méthylique pur, une combinaison insoluble entraînant les corps à fonction acide prédominante, existant dans la liqueur.

Les produits d'hydrolyse peuvent donc se classifier en fractions distinctes; en premier, on remarque, suivant l'ordre des séparations, le groupe des acides aminés (tyrosine, leucine, alanine, valine glycocolle) isolable aisément par cristallisation ou combinaison cuprique dans les milieux aqueux déminéralisés et concentrés; vient ensuite le groupe obtenu au moyen du méthylate de baryum dans les conditions ci-dessus rappelées, cette fraction contient entre autres produits la majeure partie des di-acides aminés (acides aspartique, glutamique) dont les combinaisons barytiques sont aisées à dissocier.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1323.

II. Nous présentons maintenant une suite de réactions s'appliquant aux liqueurs ayant subi ces premiers traitements ; les termes insolubles qui en résultent constituent une nouvelle fraction caractéristique venant s'ajouter à celles déjà citées.

Par suite du départ des corps à fonction neutre et acide, la liqueur alcoolique contenant tous les produits de l'hydrolyse non encore séparés se trouve enrichie en fonctions basiques. Une partie de ces groupements à fonction basique prédominante peut être précipitée à l'aide d'acide sulfurique dissous dans l'alcool méthylique ; les sulfates insolubles qui se forment, se filtrent bien et la légère acidité des liquides clairs, due à un excès de réactif, est neutralisée par la quantité nécessaire du méthylate de baryum.

Afin de parfaire la séparation des groupes basiques contenus encore dans la liqueur, nous ajoutons un second réactif acide : l'acide ferrocyanhydrique dissous dans l'alcool méthylique.

Ces réactifs, de faible poids moléculaire, offrent l'avantage de n'introduire, dans les matériaux en étude, que de petites quantités de matières minérales entièrement éliminables.

Le réactif ferrocyanhydrique se prépare au moment de l'emploi en faisant agir de l'acide chlorhydrique étendu d'eau sur une quantité équimoléculaire de ferrocyanure de potassium ; en ajoutant à la liqueur un excès d'éther, on précipite le composé solide blanc [1] : $FeCy^6H^4, 2(C^2H^5 - O - C^2H^5)$ qui, filtré rapidement sous vide puis lavé à l'éther, est dissous dans l'alcool méthylique à 99 pour 100.

L'acide ferrocyanhydrique provoque dans les liquides alcooliques contenant des produits basiques, un précipité caillebotté, blanc verdâtre, de ferrocyanures de bases ; mais un excès de réactif amène une dissolution partielle du précipité. Comme les sulfates de ferrocyanures de bases sont hygroscopiques, ils doivent être desséchés rapidement dans le vide sur acide sulfurique.

Pour chasser l'acide ferrocyanhydrique de ses combinaisons solubles ou insolubles dans l'alcool méthylique, il suffit de revenir en milieux aqueux et d'ajouter aux liqueurs, chauffées à l'ébullition, une quantité convenable de sulfate ferrique, il se forme un précipité dense de ferrocyanure de fer et la solution filtrée est débarrassée de l'excès de sulfate ferrique par addition d'eau de baryte.

III. La solution alcoolique contient après ces départs successifs les produits restés indifférents aux réactifs (barytique, sulfurique, ferrocyanhydrique). Ces produits sont considérablement simplifiés et remis en solution aqueuse, déminéralisés puis concentrés, ils fournissent des cristaux d'acides

(1) A. Étard et G. Bémont, *Comptes rendus*, t. XCIX, p. 973.

aminés, simples ou condensés qui, n'étant pas encore libérés, n'avaient pu être obtenus au début du traitement.

Le fractionnement en groupes jouissant des propriétés communes s'est toujours vérifié sur des matières albuminoïdes les plus diverses (tissus musculaires, kératiniques, osséine, caséine, gliadine, gluténine, laitance et œufs de poissons).

Conclusions. — L'étude des matières albuminoïdes nécessite une exacte connaissance de leurs produits d'hydrolyse, et la nature chimique de ces produits ne doit pas empêcher les multiples traitements du travail de séparation, d'être considérés comme des opérations analytiques.

Les réactifs de groupe, utilisés en suivant ce principe, déterminent des fractions caractéristiques pouvant servir à l'analyse comparée des matières protoplasmiques.

HYDROLOGIE. — *Les infiltrations sur le massif du Zaghouan* (*Tunisie*). Note de M. **Noel**, présentée par M. Wallerant.

Le Zaghouan se compose, comme on sait, d'un massif de calcaires jurassiques perméables en grand, colmaté sur le pourtour par une ceinture imperméable, néocomienne sur le flanc NW, éocène sur le flanc SE.

La résistance qu'offre à la pénétration des eaux la nappe captive du Jurassique avec laquelle ils sont en relation en profondeur maintient à l'intérieur de ces calcaires une surface libre élevée qui donne naissance à des sources aux points bas de la ceinture.

Les deux principales de ces sources, Aïn Ayed et la source de la Nymphée, sont utilisées pour l'alimentation de Tunis. La connaissance des débits de la première, servant aussi aux besoins locaux, manque de précision ; mais la seconde, envoyée en totalité dans la canalisation, m'a offert des déterminations susceptibles d'être soumises au calcul.

Les formules d'épuisement calculées pour cette source d'après une méthode analogue à celle de M. Boussinesq (1) ont été quelques peu différentes pour les trois années envisagées : 1907, 1908 et 1909. La *ligne de faîte* de la surface libre étant certainement plus haute que dans le premier cas de

(1) Boussinesq, *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1511-1517, et une suite de huit Notes à l'Institut dans les années 1903 et 1904.

M. Boussinesq, j'ai posé, en appelant Q le débit en mètres cubes par jour :

$$Q = u_1 10^{-\alpha t} + u_2 10^{-2\alpha t} + u_3 10^{-3\alpha t}, \tag{1}$$

d'où résulte pour l'aire asymptote comprise entre la courbe, l'axe des t et l'ordonnée $t = t_1$, la valeur :

$$S_1 = \frac{M}{\alpha}\left(u_1 10^{-\alpha t} + \frac{1}{2} u_2 10^{-2\alpha t} + \frac{1}{3} u_3 10^{-3\alpha t}\right). \tag{2}$$

Les valeurs de α et les coefficients offrant pour Q la somme la plus rapide ont été :

	Années.	α.	u_1.	u_2.	u_3.	Époque origine.	Mètres cubes par jour.
	1907.....	0,00150	10905	165	80	13 mai	11150
(3)	1908.....	0,00243	11777	−588	−40	14 mai	11150
	1909.....	0,00178	8609	188	−57	17 mai	8740

J'ai évalué l'infiltration entre deux points t_1 et t_2 situés chacun sur deux courbes d'épuisement distinctes, comme différence des deux aires asymptotes S_2 et S'_2 de ces courbes pour le point t_2, augmentée de l'aire complémentaire comprise entre la courbe d'épuisement inférieure, l'ordonnée t_2 et le graphique réel de débit entre les instants t_1 et t_2.

Deux causes d'inexactitude dont je n'ai pu tenir compte interviennent plus ou moins.

D'abord, le reliquat d'une tranche annuelle d'infiltration, par suite de la communication avec la nappe captive, est repoussé en profondeur par l'infiltration de l'année suivante ; la courbe d'épuisement correspondante est donc surbaissée ou disparaît même les années suivantes, d'où erreur en plus sur les aires asymptotes. L'alimentation de cette nappe captive étant cependant peu abondante, cette cause d'erreur n'est pas très importante. Ensuite, si les périodes d'infiltration sont assez rapprochées pour empiéter l'une sur l'autre, la vraie courbe d'épuisement peut n'être pas encore établie en l'un de ces points. Si c'est au point initial t_1, on compte entre t_1 et t_2 des infiltrations de la période précédente, d'où erreur par excès ; si c'est au point t_2 au contraire, il y a erreur par défaut. Il peut donc en résulter parfois des valeurs trop fortes pour les infiltrations de fin hiver au détriment de celles d'automne.

Pour les infiltrations du printemps 1907, j'ai pris comme formule d'épuisement la courbe (1) elle-même, pour celles de l'automne, une exponentielle simple avec $\alpha = 0,00177$ « coefficient de tarissement » (système décimal) calculé pour cette période. Pour celles du printemps 1908, les coefficients du Tableau (3) fournissaient une branche asymptote trop rapide ; comme d'autre part, l'épuisement avait été très considérable pendant l'été, j'ai choisi une exponentielle simple avec $\alpha = 0,0018$ (reconnu comme supé-

rieur à celui de 1907). Pour 1909 enfin, j'ai considéré comme insuffisante une exponentielle simple avec $\alpha = 0,00178$.

En partant de ces données, j'ai obtenu les résultats suivants :

1907.	Du 6 janvier à l'été (maximum en mars)	2453700
	Septembre et commencement d'octobre	7500
	Commencement de novembre	26816
	Fin novembre et décembre	148000
1908.	Janvier et commencement de février	160300
	Mars-avril (maximum en avril)	2123700
	Septembre, commencement d'octobre	6650
	Fin octobre-novembre	104960
	Fin novembre, commencement de décembre	53400
	Fin décembre-janvier 1909	505200
1909.	Février à avril (maximum en avril)	1402410
	Orages vers le 28 mai 1909	45980

Ce Tableau montre que toutes les pluies ont de l'influence sur cette source, même les premières pluies d'orage de fin septembre; mais cette influence est faible : elle se chiffre par quelques milliers de mètres cubes seulement et ne produit dans le graphique d'épuisement qu'une déformation momentanée. Elle provient de l'existence au-dessus de la source du « couloir de la Nymphée » qui produit un maximum relatif de débit de 4 à 6 jours après chaque averse, et de l'absence presque complète d'humus sur ces calcaires cariés et décapés, qui leur donne une « perméabilité directe ». Le coefficient d'infiltration est, de ce fait, malgré le climat, très considérable. Le maximum a lieu à la suite des pluies de fin mars et avril, qui déterminent une montée rapide due au second maximum annuel de pluie et parfois (1907) à la fonte des neiges. Ce maximum est de courte durée et est suivi d'une branche descendante établie rapidement et à « coefficient de tarissement » considérable.

M. G.-D. Boerlage adresse un *Essai sur le vol à vortex.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 6 juin 1910.

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Caisse des Recherches scientifiques*, année 1909 : *Rapport annuel adressé au Président de la République française*, par M. Paul Dislere. Melun, Imprimerie administrative, 1910; 1 vol. in-8°.

Pathologie et traitement du diabète sucré. Conférences faites au « Royal College of Physicians of London », par F-W. Pavy. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouchard.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M. H. Lecomte; t. I, fasc. 5, p. 449-576, vignettes 43-60, planche XXII : *Malvacées* (fin), *Sterculiacées et Tiliacées*, par F. Gagnepain. Paris, Masson et Cie, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Mangin.)

Le vol plané, par J. Bretonnière. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1909; 1 fasc. in-8°.

Les erreurs de la Science, par Louis-Charles-Émile Vial. Paris, chez l'auteur, 1908; 1 vol. in-8°.

Annual Report of the board of regents of the Smithsonian Institution, showing the operations, expenditures and condition of the Institution for the year ending june 30, 1908. Washington, Government printing Office, 1909; 1 vol. in-8°.

Yearbook of the United States Department of Agriculture, 1909. Washington, 1910; 1 vol. in-8°.

Anales del Instituto medico nacional, continuatio de *El Estudio;* t. XI, n° 1. Mexico, 1910; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 23 mai 1910.)

Note de MM. *P. Villard* et *H. Abraham*, Sur l'existence de deux potentiels explosifs :

Page 1287, ligne 14, *au lieu de* par voltages décroissants, *lisez* par voltages croissants.

Note de MM. *Briner* et *Wroczynski*, Action chimique des pressions élevées; compression du protoxyde d'azote et d'un mélange d'azote et d'hydrogène; décomposition de l'oxyde de carbone par la pression :

Page 1326, ligne 5, *au lieu d'*oxyde d'azote, *lire* oxyde de carbone.